



Escola Politècnica Superior
d'Edificació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

GRADO EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS DE LA EDIFICACIÓN **TRABAJO FINAL DE GRADO**

ANÁLISIS ENERGÉTICO DE UN GERIÁTRICO SOMETIDO A UNA REFORMA DE AMPLIACIÓN

Proyectista/s: Rodríguez Medina, Eric

Director/es: Caballero Mestres, Antoni

Alfaro Garrido, Licio

Convocatoria: Convocatoria Setiembre / Octubre 2015

RESUMEN

El presente Trabajo Final de Grado aborda el análisis energético de una residencia geriátrica y el estudio y propuestas de medidas de mejora de la eficiencia energética. La Residencia Barcino se ubica en el municipio de Vallirana, en la provincia de Barcelona y fue construida el año 1987.

El trabajo consta de seis partes diferenciadas, en la primera **"2.1 Descripción del entorno"**, se describe el entorno de la residencia, su ubicación, las condiciones climáticas, temperaturas, viento, etc. Además también se analiza los efectos del entorno sobre el edificio mediante esquemas de análisis del entorno.

En la segunda parte **"2.2 Descripción de la Residencia Barcino"**, se detallan los sistemas constructivos e instalaciones del edificio, así como la clasificación de los espacios y sus horarios de uso, ganancias térmicas y consumos energéticos.

A partir de estos datos se ha creado un modelo energético en DesignBuilder que ha proporcionado como resultado un consumo teórico de electricidad de 120,78 kWh/m² año, mientras que el consumo real el año 2014 se sitúa en 38,60 kWh/m² año.

Para encontrar cuales son las condiciones de confort reales se han realizado dos ajustes en el modelo energético, la eliminación del sistema de calefacción en las zonas paso y baños y la eliminación de la ventilación mecánica. Con estos ajustes del modelo se ha conseguido obtener un valor más cercano a la realidad de 39,42 kWh/m² año. Dando validez de esta forma al modelo creado.

En la tercera parte **"2.3 Proyecto de reforma y ampliación"**, se introduce el proyecto de reforma y ampliación planteado por el estudio de arquitectura. Se describen los cambios realizados, las tipologías constructivas que están previstas utilizar así como las instalaciones.

Mediante los horarios de uso y calefacción definidos en el apartado 2.2, se ha elaborado la simulación energética del edificio proyectado mediante DesignBuilder. El valor de consumo eléctrico obtenido ha sido de 51,01 kWh/m² año, que se encuentra por debajo del valor teórico del edificio existente.

En la cuarta parte **"2.4 Estudio de dispositivos de protección solar pasiva"**, se ha realizado el diseño y dimensionado de los dispositivos de protección solar pasiva. En el estudio se ha podido comprobar el mal funcionamiento de los voladizos de lamas propuestos en el proyecto inicial. Se ha podido concluir que no conseguían evitar la radiación solar durante los meses de verano.

Para realizar este estudio se ha utilizado la programa ArchiCAD, así como la extensión EcoDesigner STAR que permite el cálculo de la radiación recibida por las ventanas. También se ha empleado el diagrama estereográfico correspondiente a la ciudad de Barcelona.

En la quinta parte del proyecto **"2.5 Mejoras de ahorro energético"**, se analizan y comparan diferentes propuestas de mejora de la eficiencia energética sin la modificación de la distribución del proyecto. Tales como, la mejora del aislamiento térmico de las fachadas existentes, la utilización de ventanas de baja transmitancia térmica o la realización de aberturas para la captación lumínica o térmica, entre otras.

Para evaluar las mejoras y proceder a su comparación ha sido necesario establecer un coeficiente de rentabilidad, definido como la inversión inicial dividida por el ahorro eléctrico anual. A partir de este valor se han podido comparar las diferentes medidas de ahorro y establecer las más rentables.

Finalmente, se han seleccionado las mejoras más rentables que son la insuflación de aislamiento térmico en la cámara de aire de las fachadas existentes, la sustitución de las lámparas incandescentes y fluorescentes por tipo LED y la sustitución de la cubierta invertida de grava definida en el proyecto inicial por una cubierta ajardinada.

El coste de la inversión propuesta es de 15.226,57€ y el ahorro en el consumo de electricidad de 10.399,02 kWh/año. El tiempo necesario para la recuperación de la inversión sería de 7 años. El consumo energético del edificio con las mejoras es de 35,51 kWh/m² año.

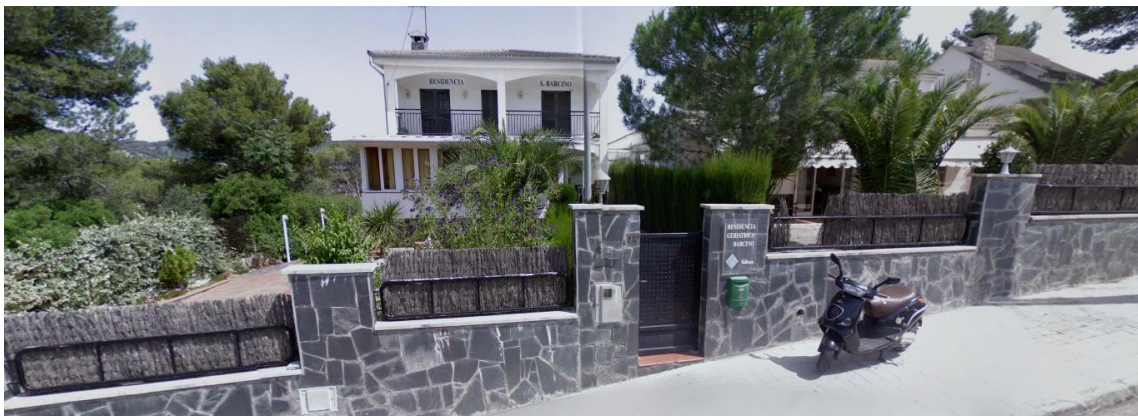
La última parte **"2.6 Análisis energético de la distribución"** consiste en la evaluación energética de la posición y orientación de los espacios.

Para determinar la posición óptima de cada espacio se ha desarrollado un estudio a partir de un modelo simplificado de dos espacios. Con los resultados obtenidos de este modelo, se ha comprobado que los espacios de uso diurno tienen un mejor comportamiento si se sitúan en la planta primera del edificio.

Dado que la distribución de planta baja dispone según el proyecto de una mayor proporción de espacios de uso diurno, se ha propuesto el intercambio de la distribución de planta baja por la de planta primera. Este cambio produce un ahorro energético de 3.218,14 kWh/año y se considera que no implica coste alguno ya que únicamente depende de la distribución de los espacios del proyecto.

Por último, el edificio final que incluye las mejoras de ahorro energético y el cambio de distribución tiene un consumo unitario de 30,70 kWh/m² año. Que supone una reducción del 39,82% del consumo unitario de electricidad.

El Trabajo Final de grado se ha desarrollado en el marco del convenio de cooperación educativa con la empresa Arquivall, estudio de arquitectura sostenible que elabora actualmente el proyecto básico y ejecutivo de reforma y ampliación de esta residencia.



ÍNDICE

1	INTRODUCTION.....	6
1.1	THE BIOCLIMATIC ARCHITECTURE	6
1.2	THE ENERGY CONSUMPTION IN NURSING HOUSES	7
2	NÚCLEO DE LA MEMORIA.....	9
2.1	ENVIRONMENT DESCRIPTION	9
2.1.1	LOCATION	9
2.1.2	INFORMATION ABOUT THE PLOT	11
2.1.3	CLIMATE	13
2.1.4	TEMPERATURE	14
2.1.5	PRECIPITATIONS	14
2.1.6	WIND.....	15
2.1.7	RELATIVE HUMIDITY	15
2.1.8	ACOUSTIC.....	16
2.1.9	ENVIRONMENTAL ANALYSIS.....	16
2.2	DESCRIPCIÓN DE LA RESIDENCIA BARCINO	18
2.2.1	HISTORIA DE LA RESIDENCIA.....	18
2.2.2	TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS.....	20
2.2.3	INSTALACIONES.....	24
2.2.4	HORARIOS Y TIPOS DE USO	26
2.2.5	SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL	32
2.3	PROYECTO DE REFORMA Y AMPLIACIÓN.....	36
2.3.1	NORMATIVA APLICABLE	37
2.3.2	TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS.....	38
2.3.3	INSTALACIONES.....	40
2.3.4	CONSUMO ENERGÉTICO ESPERADO.....	41
2.3.5	AHORRO ENERGÉTICO DE LAS PLACAS SOLARES TÉRMICAS	43
2.3.6	COMPORTAMIENTO DEL SUELO RADIANTE	44
2.4	ESTUDIO DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN SOLAR PASIVA.....	47
2.4.1	FACHADA SUR.....	47
2.4.2	FACHADAS ESTE Y OESTE	59
2.4.3	ANÁLISIS DE LA PROTECCIÓN SOLAR CON DESIGN BUILDER.....	61
2.5	ANÁLISIS DE MEJORAS DE AHORRO ENERGÉTICO.....	63
2.5.1	AISLAMIENTO DE FACHADAS EXISTENTES	64
2.5.2	CUBIERTA AJARDINADA.....	65
2.5.3	VENTANAS DE BAJA TRANSMITANCIA TÉRMICA.....	67
2.5.4	ILUMINACIÓN LED	68
2.5.5	CLARABOYAS DE CAPTACIÓN LUMÍNICA	69
2.5.6	VENTANAS DE CAPTACIÓN TÉRMICA.....	73
2.5.7	VALORACIÓN DE LAS MEJORAS	76
2.5.8	PROPUESTA DE CONJUNTO DE MEJORAS	78
2.6	ANÁLISIS ENERGÉTICO DE LA DISTRIBUCIÓN.....	79
2.6.1	DETERMINACIÓN DE LA POSICIÓN ÓPTIMA DE LOS ESPACIOS.....	79
2.6.2	CAMBIO DE DISTRIBUCIÓN DEL PROYECTO	80
3	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	81
4	BIBLIOGRAFÍA	83
5	AGRADECIMIENTOS	86
6	CONTENIDO DEL CD	87
7	ANEJOS	88
8	DOCUMENTACIÓN GRÁFICA	102

GLOSARIO

Normativas

CTE - Código técnico de la edificación

RITE - Reglamento de las Instalaciones Térmicas en los Edificios

NBE CT 97 - Norma Básica de la Edificación sobre las Condiciones Térmicas de los edificios

EPBD - "Energy performance of building directive"

Unidades de medida

kWh - cantidad de energía

Lux - valor de iluminancia

ren/h - renovación del aire interior en una hora

l/s - caudal de aire

kWh/m² año - consumo unitario anual de un edificio

Instituciones

IDAE - Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

ICAEN - Instituto Catalán de Energía

ITEC - Instituto de Tecnología de la Construcción

FENERCOM - Federación de la Energía de la Comunidad de Madrid

INE - Instituto Nacional de Estadística

IDESCAT - "Institut d'Estadística de Catalunya"

ANDIMAT - Asociación Nacional de Fabricantes de Materiales Aislantes

Otros

NZEB - Near Zero Energy Building

ACS - Agua Caliente Sanitaria

PREFACIO

Actualmente nos encontramos en una situación de constante incremento de la demanda de energía y de recursos materiales. Uno de los principales problemas es que la obtención de energía depende en gran parte de los combustibles fósiles, y estos producen CO_2 en el proceso de su combustión, que favorece el efecto invernadero y el cambio climático.

Por este motivo es necesaria la reducción del consumo de energía y materias primas. Esta necesidad es especialmente importante en el sector de la edificación, ya que el 40% del consumo energético de Europa proviene del gasto en los edificios así como un 36% de las emisiones de CO_2 .

Aproximadamente un 35% de los edificios de Europa tienen más de 50 años. Mientras que los edificios nuevos en general, necesitan menos de tres a cinco litros de combustible para calefacción por metro cuadrado al año, los edificios más antiguos consumen unos 25 litros de media. Algunos edificios requieren incluso hasta 60 litros.

Existen múltiples razones para que la demanda de energía sea tan elevada y poco eficiente en el parque edificatorio actual. Algunas de ellas son el mal aislamiento térmico en los edificios existentes, los sistemas de instalaciones poco eficientes o la ausencia de una cultura energética en la población.

Según el artículo 9 de la directiva europea 2010/31/UE de eficiencia energética en edificios (EPBD: Energy Performance of Buildings Directive), a partir del 31 de Diciembre de 2020 todos los edificios de nueva construcción de los estados miembros de la Unión Europea deberán ser edificios de consumo casi nulo (NZEB "Nearly Zero Energy Building").

En esta directiva se especifica que los NZEB deben ser edificios con un nivel de eficiencia energética muy alto y que la mayor parte de la energía que necesiten provenga de fuentes de energías renovables del propio entorno.

La definición de un edificio de energía casi nulo debe ser establecida por cada país a partir de un valor de $\text{kWh/m}^2\text{año}$. Mientras que en una gran parte de los países miembros ya se ha determinado este valor, en España todavía no se ha definido un límite para estos edificios. En Dinamarca el valor máximo definido para los NZEB es de $20 \text{ kWh/m}^2\text{año}$.

La tendencia actual es que los análisis energéticos de los edificios sean cada vez más comunes y necesarios. Existen programas informáticos que permiten realizar simulaciones energéticas precisas como DesignBuilder. Estos programas permiten evaluar diferentes propuestas de ahorro energético.

Es posible modelar los edificios con otros programas como ArchiCAD o Revit para transmitirlos después a los de simulación energética mediante el formato gbXML. También es posible la simulación energética de los edificios desde las propias extensiones como EcoDesigner STAR en el caso de ArchiCAD o Green Building Studio en el de Revit.

Estos programas se basan en la tecnología BIM (Building Information Modelling). Una de las principales características de este sistema es que permite crear un modelo que puede ser utilizado por diferentes programas. Así es posible realizar el estudio energético, diseñar las instalaciones, calcular la estructura, etc. de un mismo edificio desde un único archivo de referencia.

1 INTRODUCTION

1.1 THE BIOCLIMATIC ARCHITECTURE

The Bioclimatic Architecture aims at the use of resources and energy of the environment. The design of the buildings is made taking into account the climate in which it will be placed .

The building is the element that creates a space with optimum comfort conditions in order to be habitable and to develop activities. Depending on the activities carried out inside the building the conditions that will be required to the space will vary.

The climate in which the building is situated, is considered fixed because it cannot be changed. However, it is possible to carry out small corrections to the environment to alter the effect of climate on the building. For example with the placing of vegetation, water or the modification of the terrain .

In designing a sustainable building there are two fixed elements. The demands of the indoor spaces and the outdoor climate . The only element that can be subjected to changes is the projected building , in other words the envelope and the space distribution .

They can be varied some aspects of the building as the geometry , the compactness , the porosity, the roughness or the slimness, depending on the climate. In order to obtain a better performance with the environment and a greater energy efficiency.

To get defined these features of the building is necessary to analyze the external conditions such as the solar radiation, the wind, the rain, the temperature, the moisture or the terrain and obstacles.

In this way, will see how it should be related the building with the environment. If it can be possible to connect the outdoor spaces with interior or on the contrary should be avoided . And the determination of which direction is best for each type of interior space.

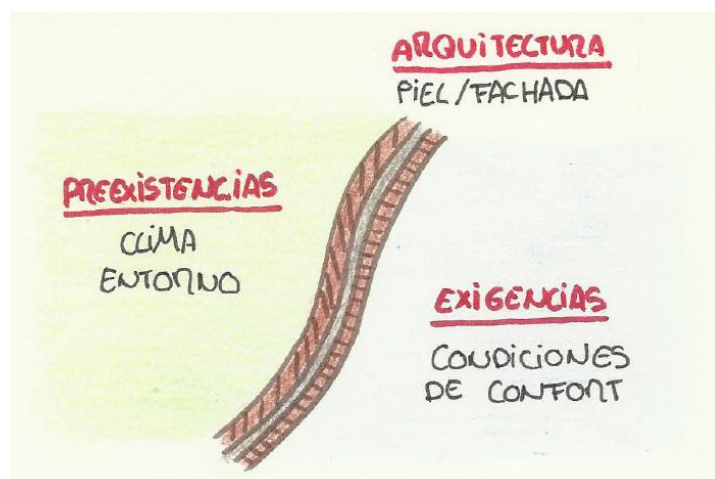
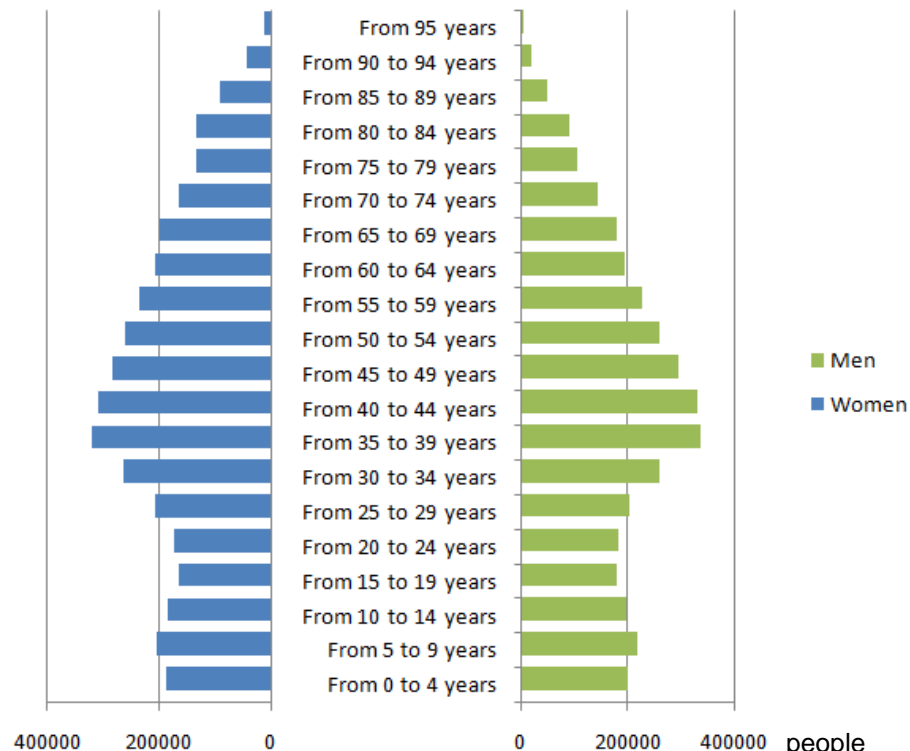


Figure 1.1.1 : Diagram of bioclimatic architecture ^[12]

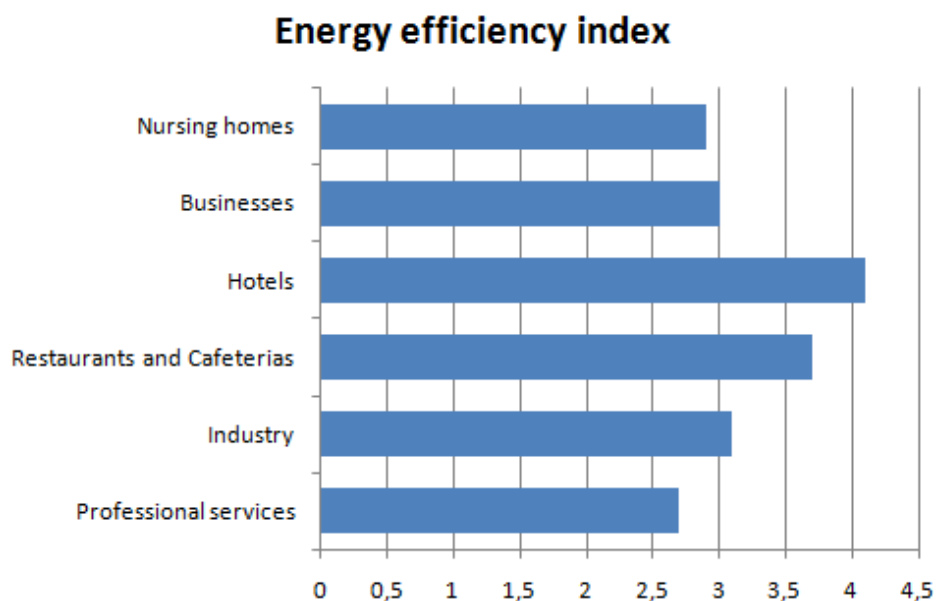
1.2 THE ENERGY CONSUMPTION IN NURSING HOUSES

The Spanish population between 1946 and 1964, after World War II, experienced an increase in the birth rate known as "baby boom". There is now a greater proportion of elderly population, which is why in the coming years the number of places in homes for the elderly will be increased gradually. Thus, the energy consumption of these buildings will be acquiring greater importance.



Graph 1.2.1 : Catalan population by age and sex " IDESCAT " ^[1]

At present the average energy consumption in residential homes is higher than in other sectors, as evidenced by the following chart compiled from data obtained in the "Guía de ahorro energético en residencias y centros de día - FENERCOM".

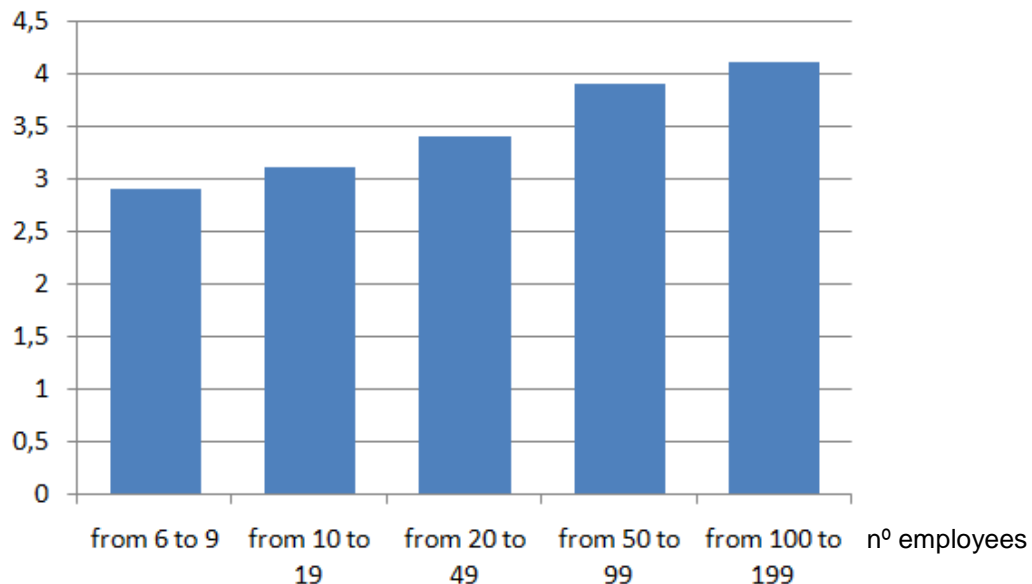


Graph 1.2.2 : Assessment of energy efficiency index by sector " FENERCOM " ^[9]

As can be seen the nursing homes are second worst score of 2.9 out of 10. As well as the hotel industry has the highest score of 4.1 points out of 10.

Besides the sector, also the size of the company influences. In enterprises with more number of employees have greater values of higher energy efficiency.

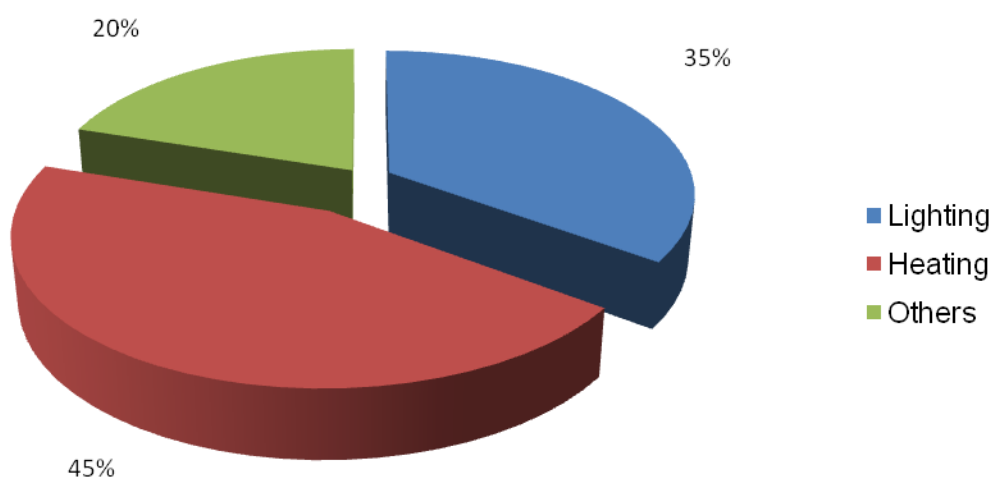
Energy efficiency index by size



Graph 1.2.3 : Assessment index energy efficiency index by size " FENERCOM" ^[9]

Most spending occurred in residences is owned by the heating with 45% , followed by the illumination with 35 % and the remaining 20% are other consumptions like appliances. Therefore, energy-saving improvements that are proposed must be aimed at reducing the consumption of heating and/or lighting .

Energy consumption distribution



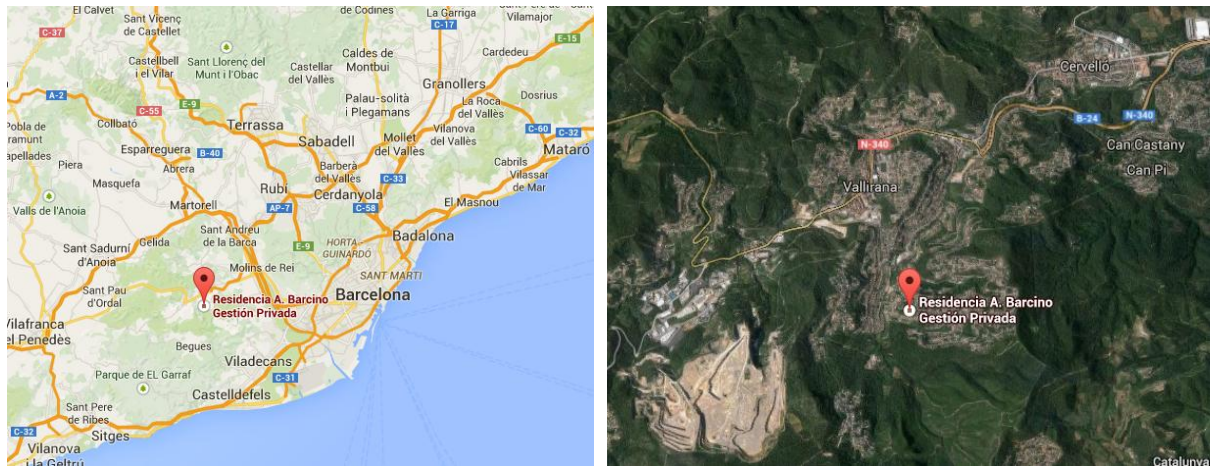
Graph 1.2.4 : Distribution of energy consumption in residential homes
" FENERCOM " ^[9]

2 NÚCLEO DE LA MEMORIA

2.1 ENVIRONMENT DESCRIPTION

2.1.1 LOCATION

The building object is in the Barcino Street nº34 municipality of Vallirana in Baix Llobregat. It is a small village of 14,612 inhabitants that is characterized by steep slopes , as it is in the mountainous area of Garraf - Ordal .



Figures 2.1.1 and 2.1.2 : Location of Vallirana ^[13]

The town of Vallirana is among the mountains of Garraf , about 25 km from Barcelona and 15 km from the coast. These mountains are an obstacle to the effects of the sea, so the climate of the area is slightly different than the city Barcelona.



Figure 2.1.3 : Topographic Map of Vallirana ^[14]

Figure 2.1.4 : Location of "Residencia Barcino" ^[13]

[illegible]

Figure 2.1.5 : Topographic Map "La selva Negra Catalana" ^[14]

2.1.2 INFORMATION ABOUT THE PLOT

The plot of the residence corresponds to the number 34 of the street Barcino which gives its name to the residence, and has a surface area of 1,109 m². And a built area of 392 m² according to land registry data surface.

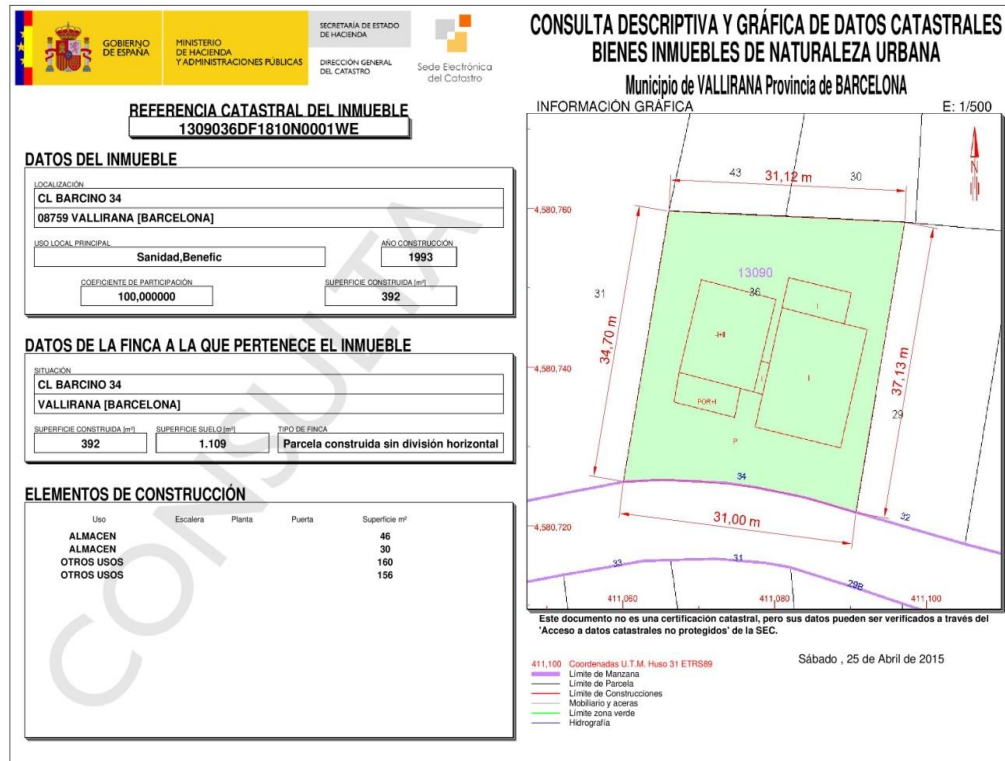


Figure 2.1.6 : Cadastral reference ^[15]

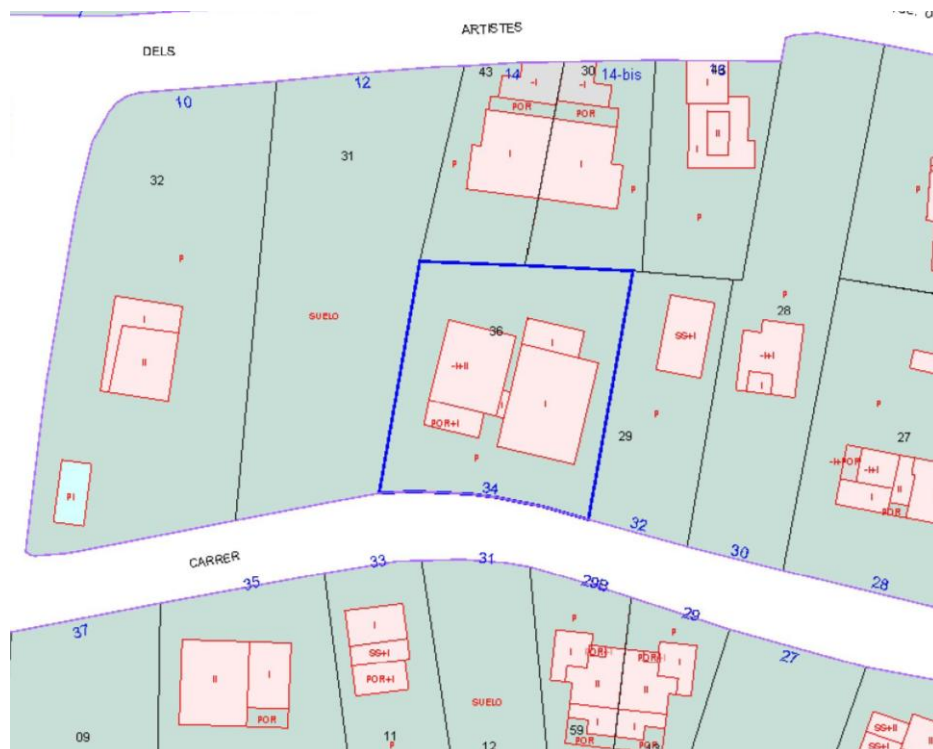


Figure 2.1.7 : Cadastral map ^[15]

The previous cadastral map shows the buildings in the adjacent plots and you can see what heights have each one. From the heights of the buildings it will be represented the volumes in a 3D model for the analysis of shadows and the impact they have on the residence.

In the adjacent plot of the west facade , there is an undeveloped plot populated by a mass of pine tree with an average height of about 10-12 meters.

On the site of the east facade there is a building with semi-basement floor and ground floor and has an approximate height of 8 m from the ground. This building is at a level higher than the residence by the slope of the street ground.

On the rear facade there is a building with basement and a ground floor, with a height of 6 m. This building is at a lower level than the residence and poses no obstacle to the passage of wind from the north.

On the front of the residence (south side), located across the street Barcino, there is a two-storey building with a height of 9 m. With this height and this distance from the residence, the projected shadows of this building will not affect the residence any day of the year .



Figure 2.1.8 : Modeling of the plot and the environment ^[16]

2.1.3 CLIMATE

Vallirana climate can be classified as pre-coastal central Mediterranean climate. This climate is characterized as mild. Since the Mediterranean Sea acts as a thermal regulator and softens the temperature differences between summer and winter.

In general we can say that summers are hot and dry and winters are mild in relation to temperature.

The Vallirana area is characterized by being placed in a valley in the mountainous area of Garraf - Ordal , it is a wooded area that helps smooth summer temperatures .

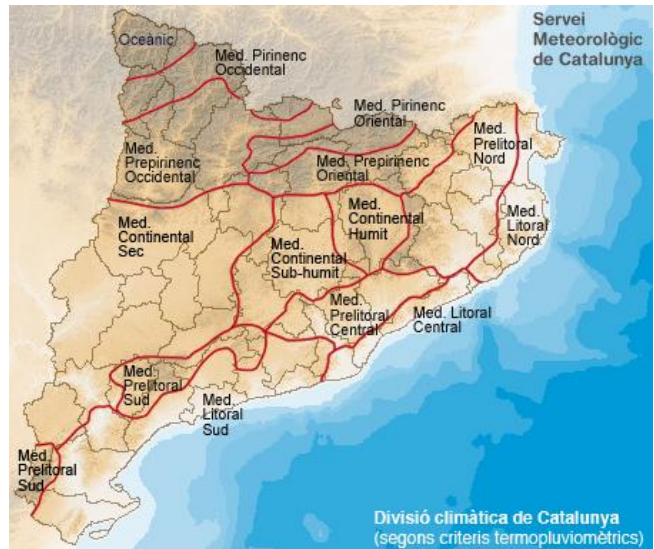


Figure 2.1.9 : Climate map of Catalonia ^[17]

This mountains are also a barrier to direct marine influence. So the village is protectect from the sea.

For a more detailed analysis of the climate of Vallirana , they have been extracted the data from the weather station located at the coordinates 41 ° 22'55.1 " N 1 ° 56'08.3 " E Vallirana (D3) , the data belong to the department of environment of Generalitat de Catalunya.

The Residence Barcino (A) is located on the opposite side of the valley where the weather station (B) is located , so that these data are not exactly what you could get in the residence. However , it is the nearest weather station to the residence . For the purposes of energy simulation with DesignBuilder, the data file used belongs to Barcelona (Airport).

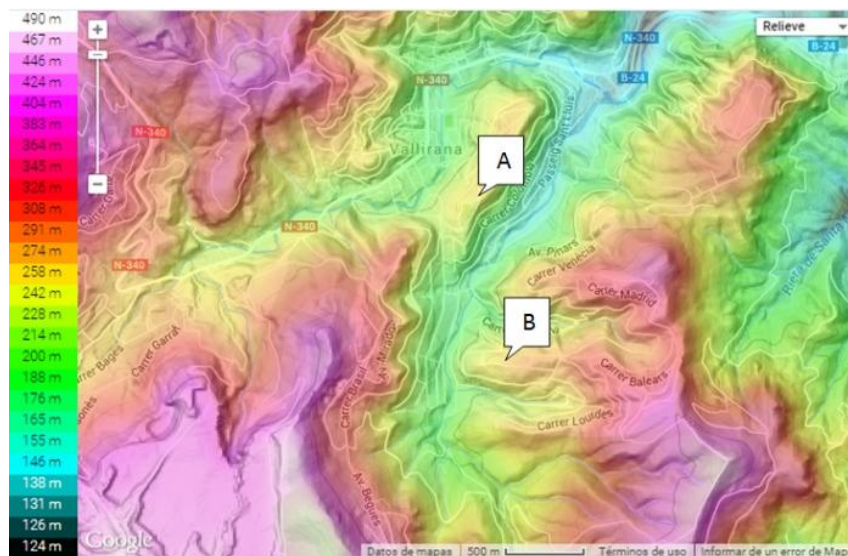
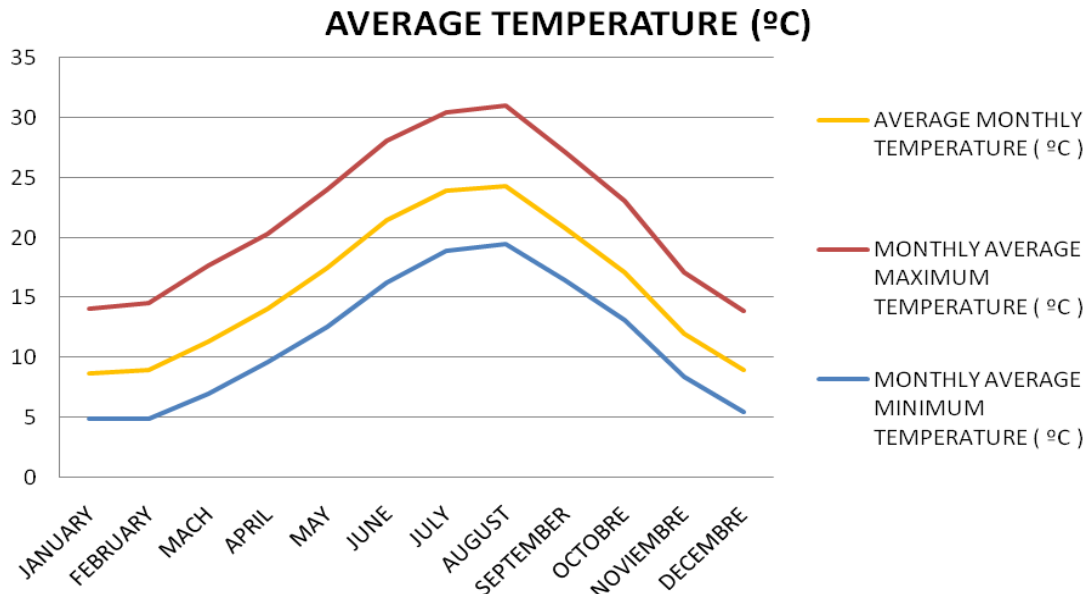


Figure 2.1.10 : Location of the weather station ^[14]

2.1.4 TEMPERATURE

Looking at the statistics from 2007 to 2013 , it can be seen that the average annual temperature is between 15-16°C . For this reason it would be classified in temperate climates.



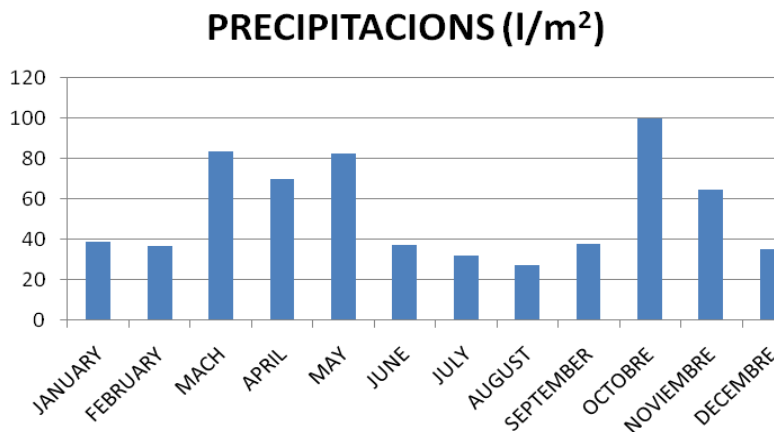
Graph 2.1.1 : Average temperatures from 2007 to 2013 ^[2]

The maximum temperature registered between 2007 and 2013 , it was of 39°C recorded at July 2012. And the minimum temperature during the same period was of -3,1°C corresponding to february 2012.

Another important fact you is needed to know is the average temperature range, ie the temperature difference between the maximum and minimum . According to data collected in Vallirana the average temperature range is around 10° C. This is not enough to base the saving strategies on the thermal inertia.

2.1.5 PRECIPITATIONS

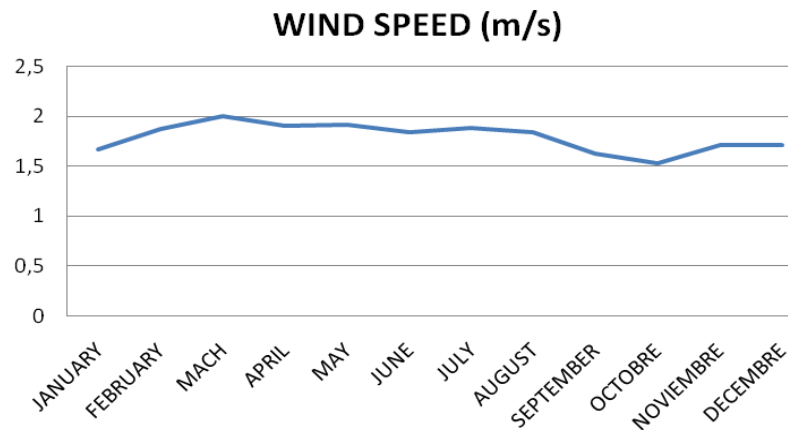
The rainfall distribution corresponds to a seasonal distribution. Ie, most of the rainfall is concentrated in spring and autumn, thus being the driest summers and winters. The annual rainfall in Vallirana is about 640 l/m² and the number of days per year when rainfall is recorded at an average of 85 days out of 365, ie a 23.61 % of the total days .



Graph 2.1.2 : Average precipitations 2007-2013 ^[2]

2.1.6 WIND

The average wind speed is less than Barcelona and mostly lies below 2 m/s which is equivalent to 7,2 km/h. These winds haven't a significant character and may not be exploited for natural ventilation.



Graph 2.1.3 : Average wind speed 2007-2013 ^[2]

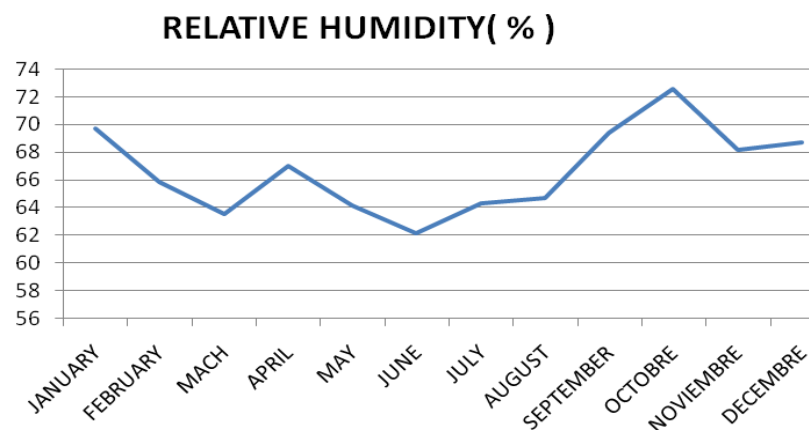
The prevailing wind direction during 2013 has been Nord -West, only in July the winds have dominated South -East. During summer, the wind flows in the opposite direction to the general direction of natural ventilation.

Table 2.1.1 : prevailing wind direction 2007-2013 ^[2]

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	
2013	NW	NW	NW	NW	NW	NW	SE	NW	NW	NW	NW	NW	NW
2012	NW	NW	NW	NW	NW	SE	SE	SE	NW	NW	NW	NW	NW
2011	W	W	W	W	W	W	W	W	W	NW	NW	NW	W
2010	NW	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W
2009	NW	NW	W	W	W	W	SE	W	W	W	W	W	W
2008	NW	W	NW	W	W	W	W	SE	W	W	NW	NW	W
2007	W	W	NW	E	NW	W	SE	W	W	W	W	NW	W
	NW	W	NW	W	W	W	SE	W	W	W	NW	NW	W

2.1.7 RELATIVE HUMIDITY

The relative humidity data show that the average annual value is 66% and the periods when there is more moisture are the months of October and January.



Graph 2.1.4 : Average humidity 2007-2013 ^[2]

2.1.8 ACOUSTIC

The nursing home is located in a residential area. It is a quiet area where vehicle traffic is practically nil. Nor are there any industries that produce vibrations. So the only focus of sounds can exist is one that can be caused by the trees when are agitated in the presence of strong winds.

2.1.9 ENVIRONMENTAL ANALYSIS

In the following picture it is shown the location of Barcino residence . In it appears the buildings of the neighbors plots, the vegetation and the streets. In addition it has been overlapped the solar path and the speed and dominating direction of the wind.

With this map is intended to come to have a first idea of how the climatic agents affect the building being analyzed.

If the levels are observed it can be seen the slope of the street to the west. The Artistes north street is 10 meters below than the Barcino street.

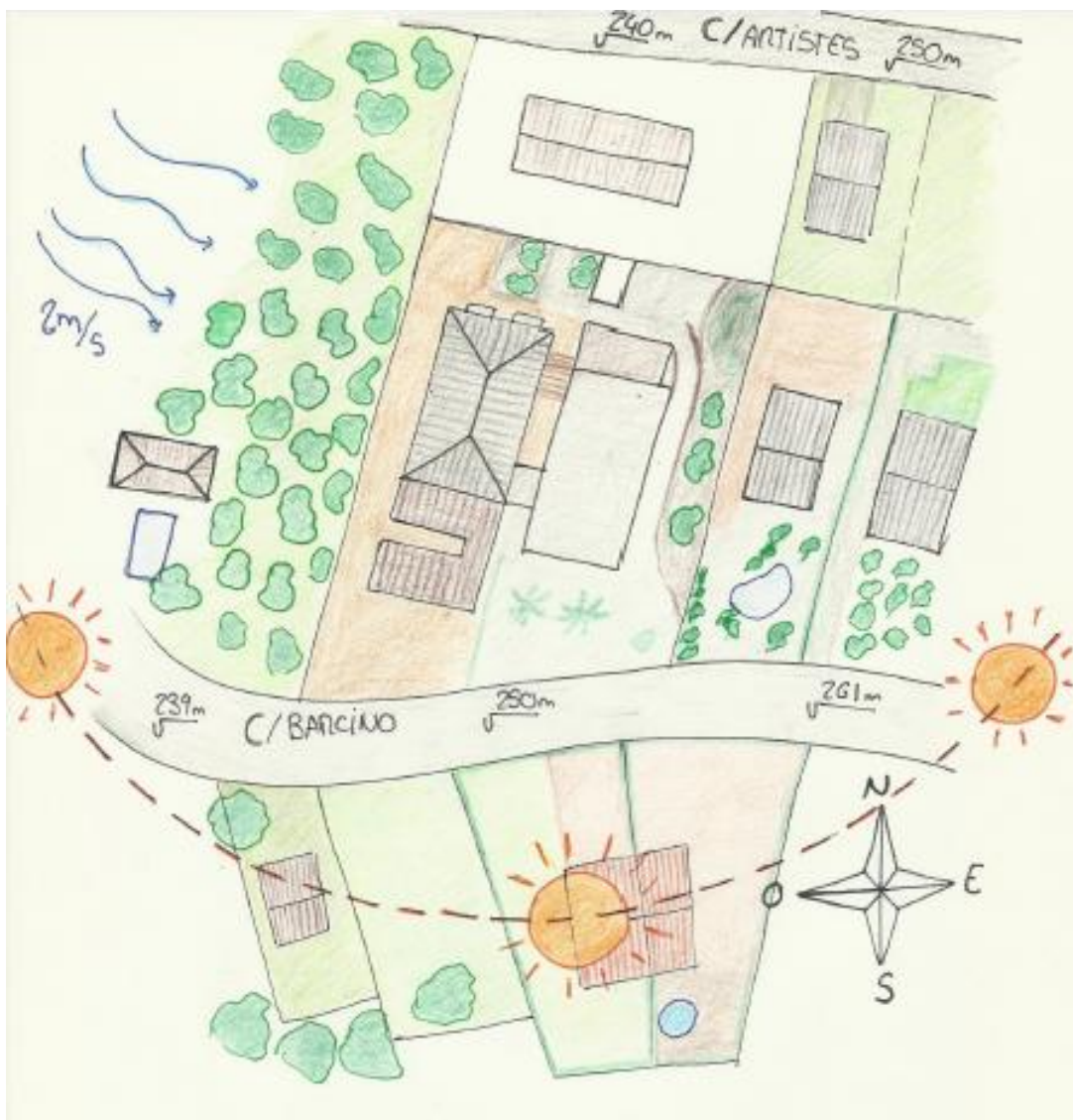


Figure 2.1.11 : Environmental analysis ^[12]

The following diagrams show the incidence of solar radiation on the building to see which are the points that receive less radiation and why. It has been represented the winter situation when the sun is lower and the summer that is higher.

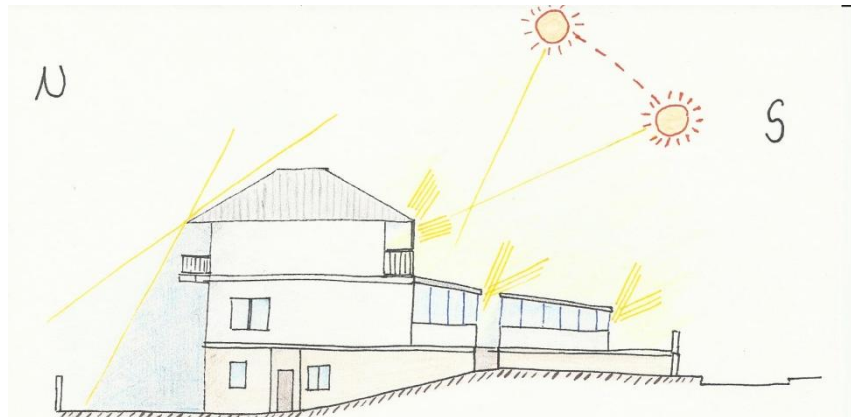


Figure 2.1.12 : Solar incidence ^[12]

The above scheme can be seen that the back of the building receives very little radiation throughout the year due to the shadow generated by the building itself. However, the southern area on the street Barcino facade, receives more radiation.

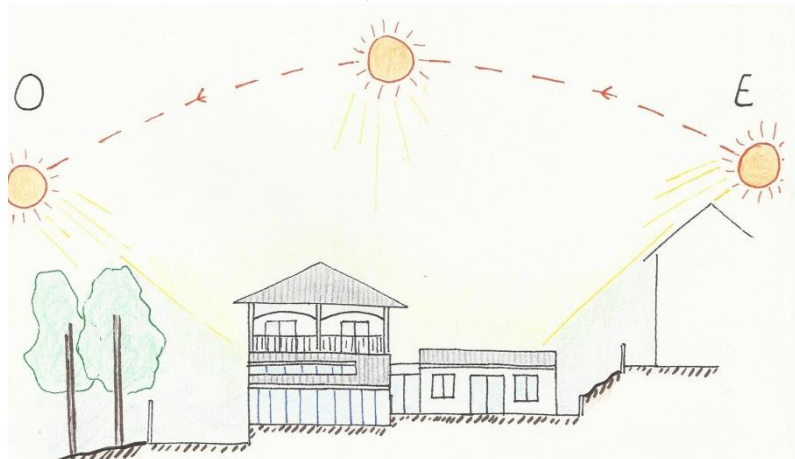


Figure 2.1.13 : Solar incidence ^[12]

In the second scheme is shown in a front elevation, that in the hours of sunrise and sunset, the side areas of the residence are shaded by various obstacles.

Regarding the wind, whose direction is dominant North-West, is hampered by the pine tree mass that is in the adjacent undeveloped parcel.

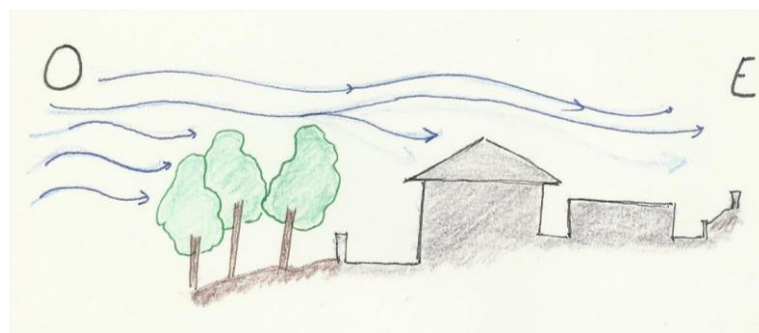


Figure 2.1.14 : Wind effect ^[12]

2.2 DESCRIPCIÓN DE LA RESIDENCIA BARCINO

2.2.1 HISTORIA DE LA RESIDENCIA

La Residencia Barcino se compone de 4 edificios, en la figura siguiente se presenta la distribución actual de los edificios.



Figura 2.2.1: Distribución de edificios ^[18]

El edificio 1 es el más antiguo del conjunto y data del año 1987. Tiene una planta técnica que anteriormente realizaba la función de garaje y que actualmente dispone de 5 dormitorios y 2 baños. Una planta baja con un salón, una cocina un baño y un dormitorio. Y la planta primera la componen 4 dormitorios y 2 baños. Es decir, un total de 3 plantas. (3 Plantas).

Este edificio se construyó como una vivienda unifamiliar aislada de uso residencial privado. No fue hasta la construcción del edificio 2 que se realizó un cambio de uso para pasar a ser una residencia de ancianos.

Tal y como se observa en el Plano 1.1 del proyecto original, la distribución del edificio ha cambiado en la planta sótano y en la primera. En la planta baja únicamente ha cambiado el porche que se construyó en la antigua terraza.

El edificio 2 fue construido más tarde, en el año 1996, como una ampliación del edificio existente. Este edificio tiene únicamente una planta baja y está destinada a 9 dormitorios, 2 baños y el espacio central que se utiliza como comedor. Conjuntamente con este edificio se construyó el edificio 4, que realiza la función de sala de instalaciones, almacén y lavandería.

El edificio 3 es un salón auxiliar que fue construido posteriormente por la necesidad de tener espacios comunes en los que realizar actividades. Sin embargo, este edificio se realizó sin licencia administrativa y no cumple con la distancia mínima a la calle. Por lo que el ayuntamiento les ordenó derribar la parte fuera del límite.

Se realizó un proyecto de legalización de esta sala auxiliar el año 2013 en el cual se preveía el derribo de una parte de la sala para cumplir con los lindes. Se convertía la parte derribada en un espacio con posibilidad de cubrir mediante un toldo. Dicha obra no llegó a realizarse.

Tabla 2.2.1: Superficies útiles de los edificios existentes ^[18]

Superficies útiles edificios			
	Nivel	Sup. área (m ²)	Volumen (m ³)
Edificio 1			
	Planta técnica	73,22	161,76
	Planta Baja	99,86	256,56
	Planta primera	89,36	241,08
		262,44 m ²	659,40 m ³
Edificio 2			
	Planta Baja	142,43	374,98
		142,43 m ²	374,98 m ³
Edificio 3			
	Planta Baja	48,53	137,66
		48,53 m ²	137,66 m ³
Edificio 4			
	Planta técnica	24,97	50,83
		24,97 m ²	50,83 m ³
		478,37 m²	1.222,87 m³

2.2.2 TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS

Se han determinado las tipologías constructivas de los edificios existentes a partir del año de construcción de los mismos. Y con la ayuda de las normativas que han regulado la transmitancia térmica de los cerramientos durante el año de construcción de cada edificio.

Tabla 2.2.2: Normativas de transmitancia de cerramientos a lo largo de la historia ^[12]

ETAPA	NORMATIVA
Hasta el año 1979	Sin exigencias
1979 -2006	NBE-CT-79
2006 - Act.	CTE HE 1

EDIFICIOS 1, 2 Y 4

Los edificios 1, 2 y 4 fueron construidos en la etapa que va del año 1979 al 2006. Por lo que en este caso se determinará la tipología de los cerramientos de acuerdo con la normativa NBE-CT-79.

Tabla 2.2.3: Exigencias térmicas NBE-CT-79 ^[4]

Tipo de cerramiento		Zona climática según Mapa 2 (art. 13.º)			
		V y W	X	Y	Z
Cerramientos exteriores	Cubiertas	1,20 (1,40)	1,03 (1,20)	0,77 (0,90)	0,60 (0,70)
	Fachadas ligeras ($\leq 200 \text{ kg/m}^2$)	1,03 (1,20)	1,03 (1,20)	1,03 (1,20)	1,03 (1,20)
	Fachadas pesadas ($> 200 \text{ kg/m}^2$)	1,55 (1,80)	1,38 (1,60)	1,20 (1,40)	1,20 (1,40)
	Forjados sobre espacio abierto	0,86 (1,00)	0,77 (0,90)	0,69 (0,80)	0,60 (0,70)
Cerramientos con locales no calefactados	Paredes	1,72 (2,00)	1,55 (1,80)	1,38 (1,60)	1,38 (1,60)
	Suelos o techos	— (—)	1,20 (1,40)	1,03 (1,20)	1,03 (1,20)

Valores máximos de K en $\text{kcal/h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ ($\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)

A partir de estos límites, mediante una inspección visual y los datos de los proyectos originales, se han podido definir las siguientes tipologías constructivas:

- Cubierta plana:

La cubierta plana situada en el edificio 2 se ha considerado que dispone de un acabado de mortero, un aislamiento de 2 cm y una tela asfáltica. Con esta configuración la transmitancia obtenida cumple con los requisitos de la norma de $1,20 \text{ Wm}^2\text{K}$.

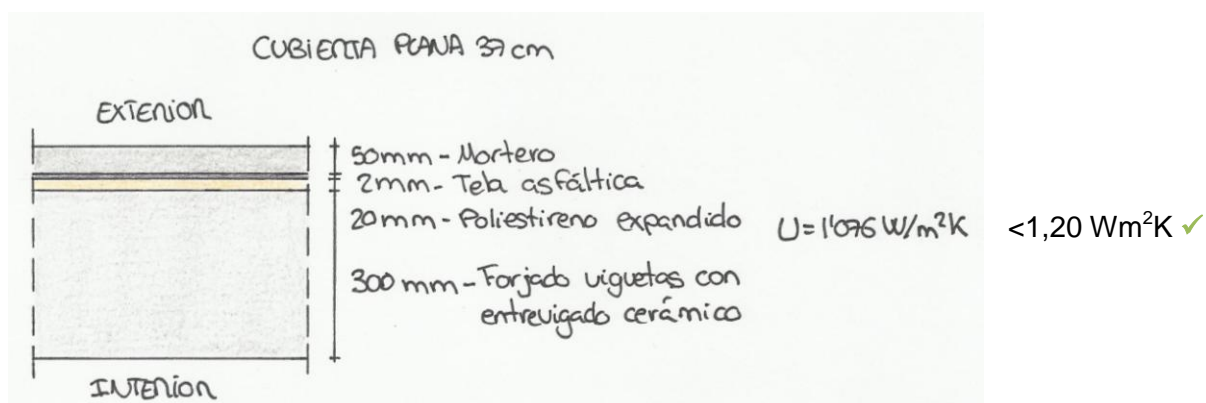
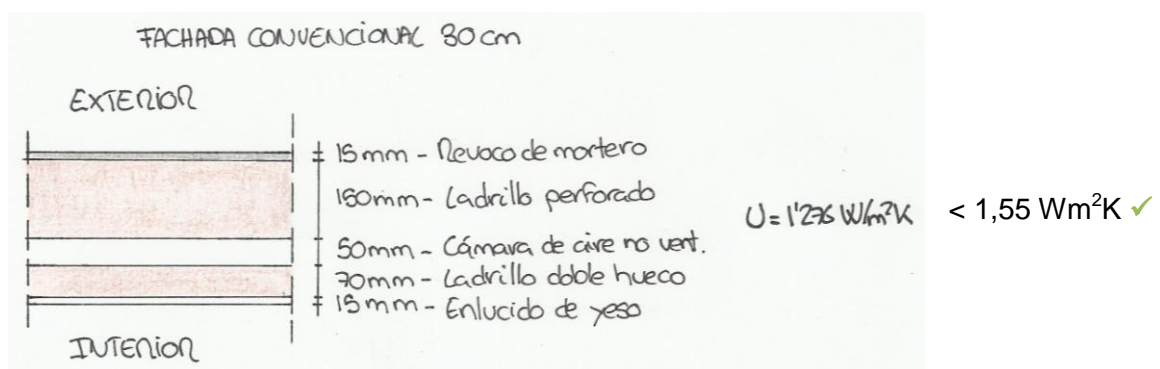


Figura 2.2.2: Sección de cubierta plana existente ^[12]

Figuras 2.2.3 y 2.2.4: Cubierta plana existente ^[19]

- Fachada de fábrica con cámara de aire no ventilada:

Existen marcas de humedad en las fachadas que describen las formas típicas de un sistema de fábrica de ladrillo. Además en el presupuesto obtenido del proyecto original del año 1987 se especifican este tipo de cerramientos. En él se describe el cerramiento como un muro de fábrica de dos hojas con cámara de aire sin aislar. Los resultados del cálculo de la transmitancia de DesignBuilder arrojan un resultado menor que el límite de la normativa de $1,55 \text{ Wm}^2\text{K}$.

Figura 2.2.5: Sección de fachadas existentes ^[12]Figuras 2.2.6 y 2.2.7: Fachadas existentes ^[19]

– Tabiquería interior de fábrica:

Con la finalidad de simplificar los datos introducidos en el programa. Y porque no se tiene conocimiento de los espesores de cada una de las divisiones interiores de cada espacio. Se ha supuesto que la tabiquería interior de los 3 edificios está formada por tabicones de 10 cm de espesor con un coeficiente de transmitancia de $2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Para elementos de división interior no existe ninguna exigencia térmica impuesta por la NBC-79.

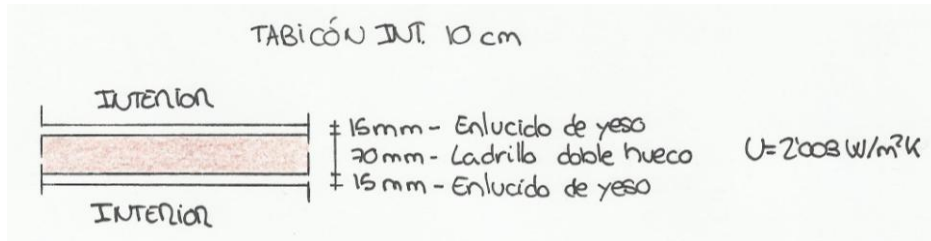


Figura 2.2.8: Sección de tabiquería existente ^[12]

– Ventanas de doble vidrio con cámara de aire con postigos de aluminio lacado:

Las ventanas de todos los edificios 1, 2 y 3 han sido renovadas recientemente. Ya que se ha podido observar que se trata de una carpintería de aluminio moderna con una doble hoja de vidrio. Dado que no se han obtenido datos sobre los espesores de los componentes, se ha supuesto que las hojas son de vidrio genérico, con un espesor de 3 mm cada una y una capa separadora de aire de 6 mm. Las ventanas no disponen de persianas, en contrapartida están dotadas de contraventanas de aluminio practicables.

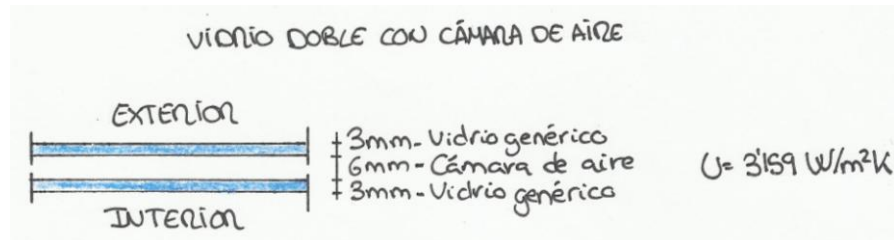


Figura 2.2.9: Sección de carpintería existente ^[12]



Figuras 2.2.10 y 2.2.11: Carpintería existente ^[19]

EDIFICIO 3

El edificio 3 fue construido como un espacio auxiliar sin licencia administrativa, por lo que los cerramientos no han sido dimensionados para cumplir la normativa. En este caso se trata de una estructura ligera de aluminio.

- Cubierta ligera de aluminio lacado:

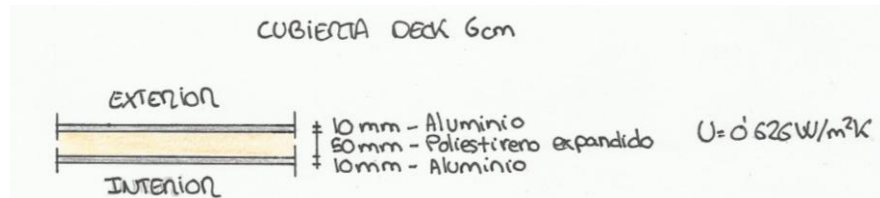


Figura 2.2.12: Sección cubierta ligera ^[12]



Figura 2.2.13 y 2.2.14: Cubierta ligera ^[19]

- Tabiques de aluminio con aislamiento interior:

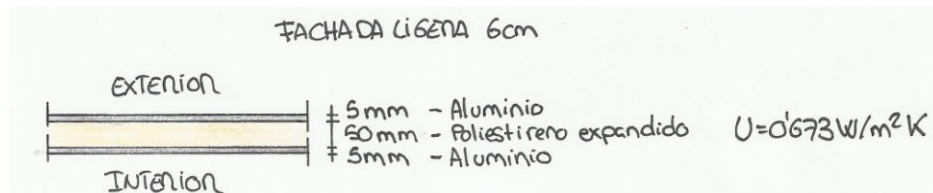


Figura 2.2.15: Sección fachada ligera ^[12]



Figura 2.2.16 y 2.2.17: Fachada ligera ^[19]

2.2.3 INSTALACIONES

La Residencia Barcino dispone de suministro de agua y electricidad canalizados, sin embargo no dispone de suministro canalizado de gas.



Figura 2.2.18. Cuadro de mando y protección ^[19]

El edificio no tiene ningún sistema de calefacción centralizado. El calentamiento de los espacios actualmente se realiza mediante radiadores eléctricos móviles y ventiladores termoeléctricos. Existe una chimenea de leña en el salón 1 que se encuentra en desuso.



Figura 2.2.20: Sistemas de calefacción actuales y antiguos ^[19]

La producción de ACS se consigue mediante dos acumuladores termoeléctricos de 100 litros cada uno. Uno situado en la sala de instalaciones y otro en el baño 2.



Figura 2.2.21: Acumuladores termoeléctricos ^[19]

El único consumo de gas que existe es el de los fogones de la cocina y se lleva a cabo mediante un suministro de bombonas de butano.



Figura 2.2.22: Zona de acopio de gas butano ^[19]

2.2.4 HORARIOS Y TIPOS DE USO

A continuación se hace una descripción de las ganancias térmicas, horarios de uso y de climatización que existen en cada tipo de espacio. Se puede esperar que los datos de la residencia de ancianos sean similares a los de una vivienda común o a los de un hotel.

Para determinar algunos de los valores se han utilizado los límites existentes en las normativas y las exigencias de confort necesarias.

Los datos explicados a continuación son los que se han introducidos en los modelos generados en DesignBuilder.

SALAS DE ESTAR - COMEDOR

Se han englobado los espacios de sala de estar y comedor en una misma tipología, dado que en la residencia se trata de un mismo espacio que realiza ambas funciones, tanto de sala de estar como de comedor.

El horario de actividad de estos espacios se concentra durante el día, desde que los ancianos se despiertan hasta que cenan y se van a dormir. En este caso de las 09:00h a las 22:00h.

El horario de uso de la calefacción es el mismo que el de la ocupación. Ya que es cuando se exigen las condiciones térmicas idóneas. Al tratarse de un espacio de uso principal y diurno en el que los ocupantes se encuentran generalmente sentados, se ha situado la temperatura inferior límite en 20°C.

Existe un consumo de televisores con una repercusión en el espacio de aproximadamente 5 W/m².

Tabla 2.2.4: Horarios de uso, consumo y ganancias salas de estar - comedor ^[12]

Ocupación			
Actividad	Ganancias	Densidad	Horario
Sentado	91,8 W/persona	3 m ² /persona	09:00h - 22:00h

Iluminación			
Tipo	Mínima	Consumo	Horario de uso
Incandescente	300 lux	5 W/m ² -100lux	09:00h - 22:00h

Equipos			
Tipo	Combustible	Potencia	Horario de uso
Televisión	Electricidad	5 W/m ²	09:00h - 22:00h

Calefacción	
Tº Mínima	Horario
20°C	09:00h - 22:00h

* El artículo 4.3.8 del D.92/2002 exige una superficie mínima de salas de estar y comedores 3 m² por persona, además de una iluminancia de 300 lux. ^[8]

COCINA

La cocina de la residencia tiene una utilización mayor que la de una vivienda común. Al tratarse de un edificio con 40 ocupantes, la utilización de ésta es prácticamente del día completo (08:00 - 22:00h).

Este espacio al igual que los baños tiene una carga de ACS que se ha calculado a partir de los consumos establecidos en el CTE HE-4. Además se ha añadido el consumo de gas butano destinado a los fogones.

Tabla 2.2.5: Horarios de uso, consumo y ganancias cocina ^[12]

Ocupación			
Actividad	Ganancias	Densidad	Horario
Cocinando	153 W/persona	5 m ² /persona	08:00h - 22:00h

Iluminación			
Tipo	Mínima	Consumo	Horario de uso
Fluorescente	300 lux	5 W/m ² -100lux	08:00h - 22:00h*

ACS	
Consumo	Horario
22,00 l/m ² día	08:00h - 22:00h

Equipos			
Tipo	Combustible	Potencia	Horario de uso
Fogones	Gas butano	4 W/m ²	08:00h - 09:00h 12:00h - 13:00h 19:00h - 20:00h

Calefacción	
Tº Mínima	Horario
20°C	08:00h - 20:00h

CÁLCULO DEL CONSUMO DE ACS (l/m²día)

Tabla 2.2.7: Demanda de referencia de ACS "Tabla 3.1 CTE HE-4" ^[5]

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama

El CTE establece en 55l/cama el consumo en hospitales y clínicas. Suponiendo que 1/5 del consumo total de ACS se produce en la cocina:

$$\text{Consumo cocina} = \frac{1}{5} \text{ACS total} = \frac{1}{5} \times \frac{55 \text{ l}}{\text{día cama}} = 11 \frac{\text{l}}{\text{día cama}}$$

Si cada cama son 0,5 m² de cocina según el artículo 4.3.10 del D.92/2002:

$$\text{Consumo cocina} = 11 \frac{\text{l}}{\text{día cama}} \div 0,5 \frac{\text{m}^2}{\text{cama}} = 22 \text{ l/m}^2 \text{ día}$$

ADMINISTRACIÓN

Este espacio está destinado a las labores de gestión documental de la residencia, así como a reuniones con los posibles clientes y los familiares de estos. Se han utilizado los horarios de uso típicos de una oficina.

Tabla 2.2.8: Horarios de uso, consumo y ganancias administración ^[12]

Ocupación			
Actividad	Ganancias	Densidad	Horario
Trabajo ligero	102 W/persona	5 m ² /persona	09:00h - 14:00h 16:00h - 20:00h

Iluminación			
Tipo	Mínima	Consumo	Horario de uso
Fluorescente	300 lux	4 W/m ² -100lux	09:00h - 14:00h 16:00h - 20:00h

Equipos			
Tipo	Combustible	Potencia	Horario de uso
Informática	Electricidad	40 W/m ²	09:00h - 14:00h 16:00h - 20:00h

Calefacción	
Tº Mínima	Horario
20°C	09:00h - 14:00h 16:00h - 20:00h

ENFERMERIA - SALA DE FISIOTERAPIA

Las salas de enfermería y fisioterapia tienen la función de atender a los ancianos residentes, para prestarles los servicios de curación necesarios, tal y como sucede en una consulta médica. Por lo tanto, normalmente la ocupación es de 2 personas en un espacio aproximado de unos 10 m².

Tabla 2.2.9: Horarios de uso, consumo y ganancias enfermería - fisioterapia ^[12]

Ocupación			
Actividad	Ganancias	Densidad	Horario
Sentado	107 W/persona	5 m ² /persona*	09:00h - 20:00h

Iluminación			
Tipo	Mínima	Consumo	Horario de uso
Fluorescente	200 lux	4 W/m ² -100lux	09:00h - 20:00h

Calefacción	
Tº Mínima	Horario
20°C	08:00h - 20:00h

DORMITORIOS

En lo que respecta a los dormitorios de la residencia tienen las mismas cargas térmicas que un dormitorio de una vivienda común. El horario de uso es nocturno y la temperatura mínima de la habitación se ha situado en 18°C, ya que en este caso los ancianos se encuentran la mayor parte del tiempo durmiendo y tapados con mantas.

Tabla 2.2.10: Horarios de uso, consumo y ganancias dormitorios ^[12]

Ocupación			
Actividad	Ganancias	Densidad	Horario
Durmiendo	72 W/persona	5 m ² /persona	22:00h - 09:00h

Iluminación			
Tipo	Mínima	Consumo	Horario de uso
Incandescente	300 lux	5 W/m ² -100lux	08:00h - 10:00h 20:00h - 22:00h

Calefacción	
Tº Mínima	Horario
18°C	22:00h - 09:00h

BAÑOS

Los baños tienen la particularidad de que sufren una utilización intermitente, por este motivo se ha tomado una temperatura mínima de 18°C, más baja que en las salas de estar.

Tabla 2.2.11: Horarios de uso, consumo y ganancias baños ^[12]

Ocupación			
Actividad	Ganancias	Densidad	Horario
Sentado	108 W/persona	5 m ² /persona	09:00h - 22:00h

Iluminación			
Tipo	Mínima	Consumo	Horario de uso
Fluorescente	200 lux	5 W/m ² -100lux	09:00h - 22:00h

ACS	
Consumo	Horario
29,33 l/m ² día	09:00h - 22:00h

Calefacción	
Tº Mínima	Horario
18°C	09:00h - 22:00h

CÁLCULO DEL CONSUMO DE ACS EN BAÑOS (l/m² día)

Suponiendo que 4/5 del consumo total de ACS se produce en los baños:

$$\text{Consumo baños} = \frac{4}{5} \text{ ACS total} = \frac{4}{5} \times \frac{55 \text{ l}}{\text{día cama}} = 44 \frac{\text{l}}{\text{día cama}}$$

Si cada cama son 1,5 m² de baño:

$$\text{Consumo baños} = 44 \frac{\text{l}}{\text{día cama}} \div 1,5 \frac{\text{m}^2}{\text{cama}} = 29,33 \text{ l/m}^2 \text{ día}$$

ZONAS DE PASO

Las zonas de paso al igual que los baños tienen una utilización intermitente, que al ser una zona de tránsito tendrá un valor más elevado de ganancias térmicas por persona.

Tabla 2.2.12: Horarios de uso, consumo y ganancias zonas de paso ^[12]

Ocupación			
Actividad	Ganancias	Densidad	Horario
Caminando	119 W/persona	10 m ² /persona	09:00h - 22:00h

Iluminación			
Tipo	Mínima	Consumo	Horario de uso
Incandescente	200	5 W/m ² -100lux	-

Calefacción	
Tº Mínima	Horario
-	-

SALAS DE INSTALACIONES

Las salas de instalaciones son espacios no climatizados en los que se encuentran, por ejemplo, las lavadoras, las neveras y congeladores, taquillas de los trabajadores, acumuladores termoeléctricos, etc.

Estos espacios se han representado en el modelo de Design Builder, pero únicamente tienen repercusión en el consumo eléctrico de electrodomésticos ya que no disponen de calefacción.

Tabla 2.2.13: Horarios de uso, consumo y ganancias salas de instalaciones ^[12]

Ocupación			
Actividad	Ganancias	Densidad	Horario
Limpieza	270 W/persona	10 m ² /persona*	-

Iluminación			
Tipo	Mínima	Consumo	Horario de uso
Incandescente	-	5 W/m ² -100lux	-

Equipos			
Tipo	Combustible	Potencia	Horario de uso
Electrodomésticos	Electricidad	5 W/m ²	08:00h - 20:00h

Calefacción	
Tº Mínima	Horario
-	-

RENOVACION DE AIRE MÍNIMA SEGÚN RITE(l/s persona)

Uno de los puntos más influyentes en el consumo de calefacción es el valor establecido para la ventilación mecánica. Se han consultado las normativas de aplicación que regulan este aspecto. El D.92/2002 establece unos valores de ventilación mínima, sin embargo las condiciones que establece el RITE son más restrictivas.

El *RITE* establece las renovaciones de aire mínimas en función de la tipología de uso del edificio, en el capítulo IT 1.1.4.2.2 se clasifican las tipologías de uso. Las residencias de ancianos están consideradas como edificios con exigencia de aire de buena calidad, es decir, categoría IDA 2.

IT 1.1.4.2.2. Categorías de calidad del aire interior en función del uso de los edificios

IDA 2 (aire de buena calidad): oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y de estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.

Figura 2.2.23 : Categorías de calidad de aire RITE ^[6]

En la tabla IT 1.4.2.1 del RITE se establece el caudal de aire exterior mínimo en dm^3/s por persona a partir de la clasificación de tipos de edificio anterior.

Tabla 2.2.14: Renovaciones de aire mínimas "*Tabla 1.4.2.1 del RITE*" ^[6]

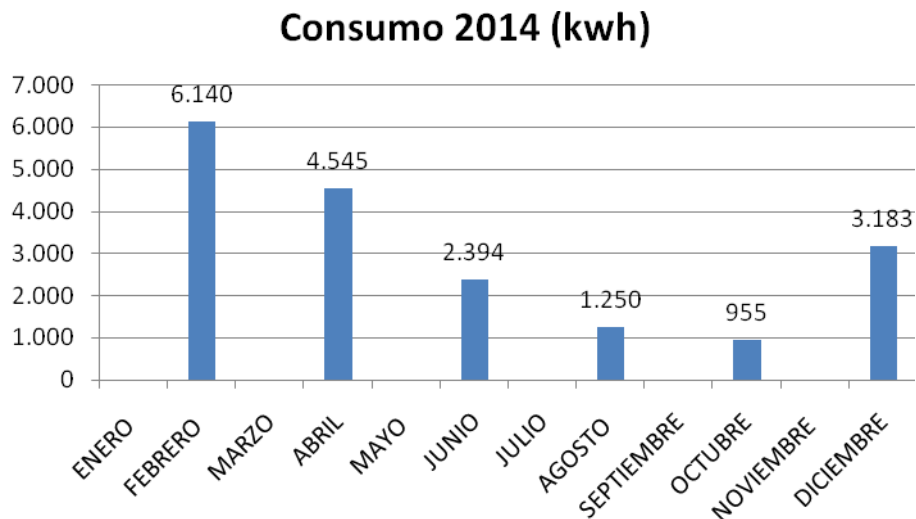
Tabla 1.4.2.1 Caudales de aire exterior, en dm^3/s por persona	
Categoría	dm^3/s por persona
IDA 1	20
IDA 2	12,5
IDA 3	8
IDA 4	5

Para la clasificación IDA 2 correspondiente a las residencias de ancianos obtenemos un valor de $12,5 \text{ dm}^3/\text{s}$ por persona que equivalen a $12,5 \text{ l/s}$ persona o $45 \text{ m}^3/\text{h}$ persona. Este valor es el que se utilizará como valor mínimo de aire exterior en todos los espacios que componen la residencia independientemente de su uso.

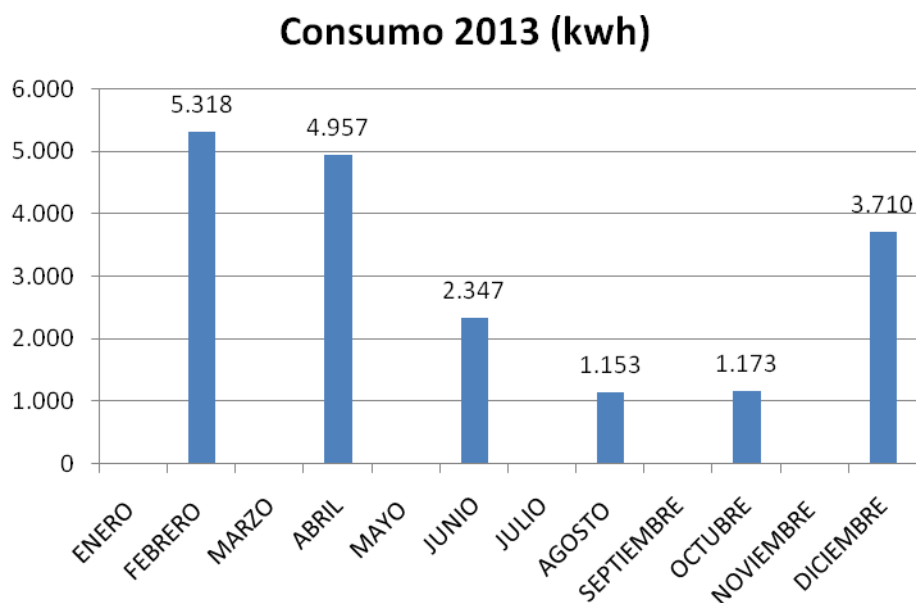
2.2.5 SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL

CONSUMOS DE ELECTRICIDAD REALES

A continuación se muestran los datos de consumos eléctricos obtenidos de las facturas correspondientes a los años 2013 y 2014.



Gráfica 2.2.1: Facturas de electricidad 2014 ^[3]



Gráfica 2.2.2: Facturas de electricidad 2013 ^[3]

Se puede comprobar que en los meses de invierno el consumo eléctrico es mucho más elevado que durante el verano, esto es debido a que el sistema de calefacción lo forman radiadores que funcionan con electricidad y a que no existe sistema de refrigeración.

El año 2014 se registro un consumo anual de 18.467 kWh que si lo dividimos por la superficie total de 478,37 m² obtenemos un consumo unitario de **38,60 kWh/m² año**. Un consumo notablemente bajo si tenemos en cuenta las tipologías constructivas deducidas y los horarios de uso determinados.

CONSUMO DE ELECTRICIDAD TEÓRICO

Con los datos introducidos de los espacios, definidos anteriormente, se han obtenido los siguientes resultados de consumos teóricos:

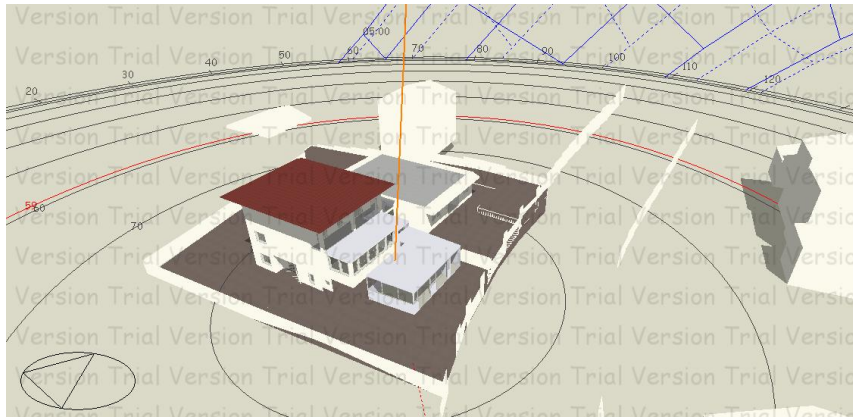
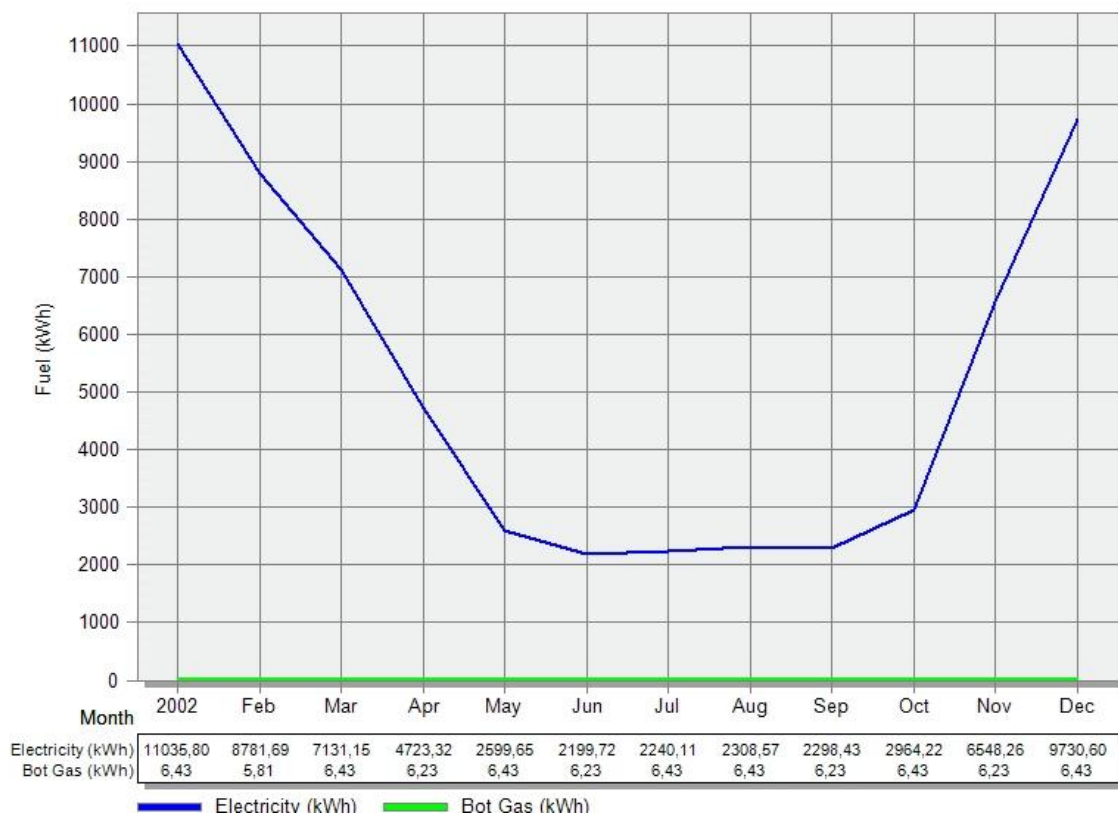


Figura 2.2.24: Visualización estado actual [20]



Gráfica 2.2.3: Consumo teórico existente [20]

De los datos obtenidos en la gráfica se desprende que el consumo anual teórico debería de ser de 62.562 kWh/año, es decir, **120,78 kWh/m²año**. Estos consumos son aproximadamente 3 veces mayores que los consumos de las facturas reales, lo que evidencia que los datos de las plantillas de uso introducidos no son los reales.

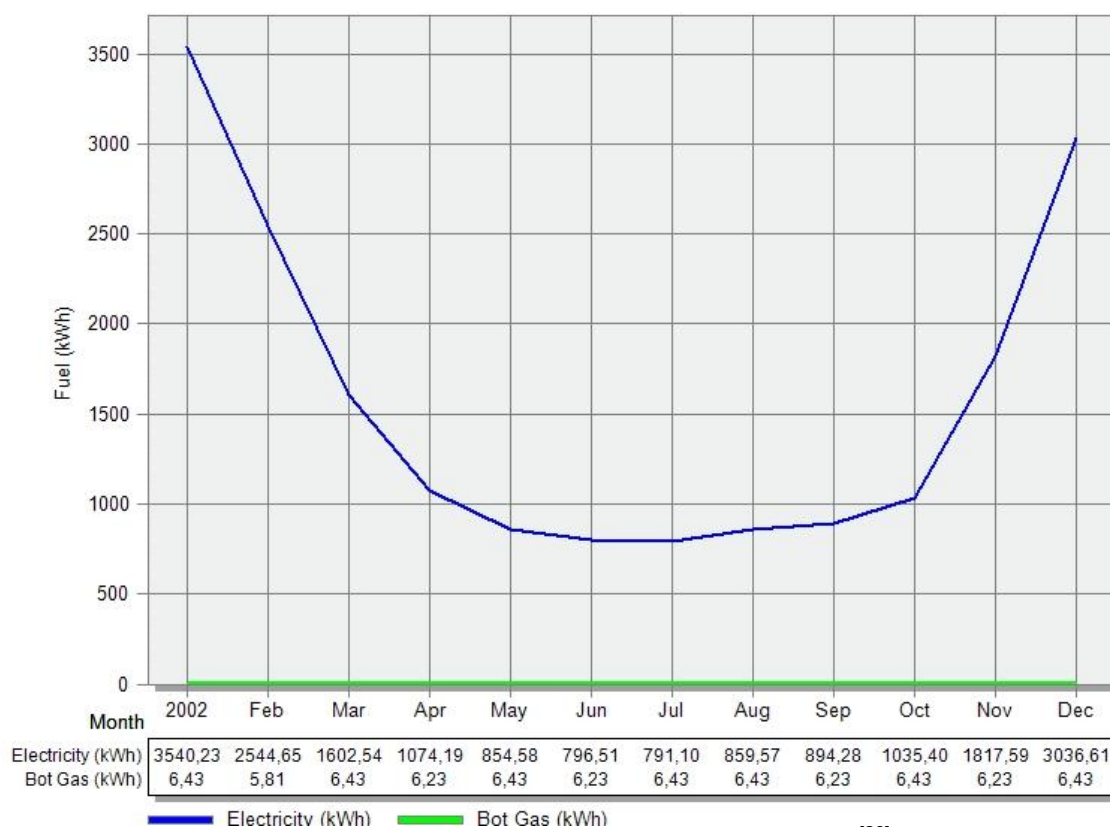
Para tratar de averiguar cuáles son las condiciones reales de uso del edificio se van a realizar diversos ajustes en las plantillas, para que los datos de la simulación se acerquen lo máximo posible a los de las facturas reales.

CONSUMO DE ELECTRICIDAD AJUSTADO A LA REALIDAD

Los cambios realizados han sido los siguientes:

- Eliminación de la calefacción en las zonas de paso y baños.
Para reducir el consumo de calefacción se ha eliminado el consumo de calefacción de los espacios con utilización intermitente.
- Reducción de las renovaciones de aire a las mínimas generadas por las infiltraciones.
Gran parte de las pérdidas de energía se producen debido a la ventilación mecánica dispuesta para conseguir la tasa de $45 \text{ m}^3/\text{h}$ persona exigida por el RITE. Actualmente el edificio no dispone de ventilación mecánica excepto en baños y cocinas. Por lo que se va a eliminar este sistema para que únicamente existan los valores de infiltraciones calculados.

Tras realizar estos cambios los resultados de los consumos han sido los siguientes:



Gráfica 2.2.4: Consumo existente ajustado ^[20]

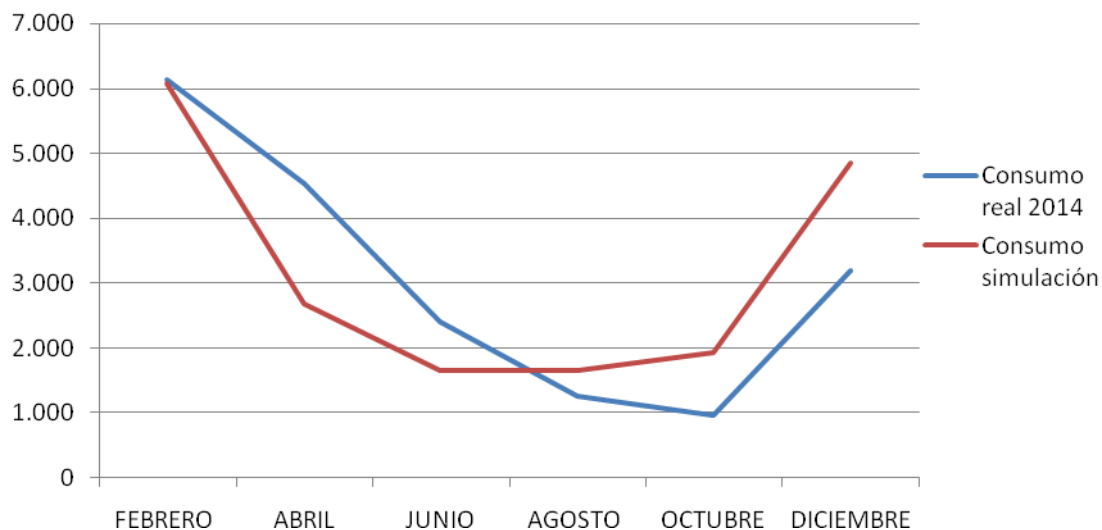
Los datos obtenidos indican un consumo anual de 18.857 kWh, es decir, de **39,42 kWh/m²año**. Frente al consumo real de 18.467 kWh dan como diferencia 390 kWh. Una diferencia más que aceptable teniendo en cuenta que se está realizando un ajuste del consumo con un valor de origen de 62.562 kWh/año.

Este análisis sirve para confirmar que las condiciones térmicas y de renovaciones de aire de los espacios de la residencia de ancianos, actualmente, se encuentran fuera de los definidos en el inicio.

Sin embargo, para las siguientes simulaciones se utilizarán los datos de las plantillas definidas anteriormente. Ya que se considera que son las que cumplen con las exigencias de confort necesarias para este edificio.

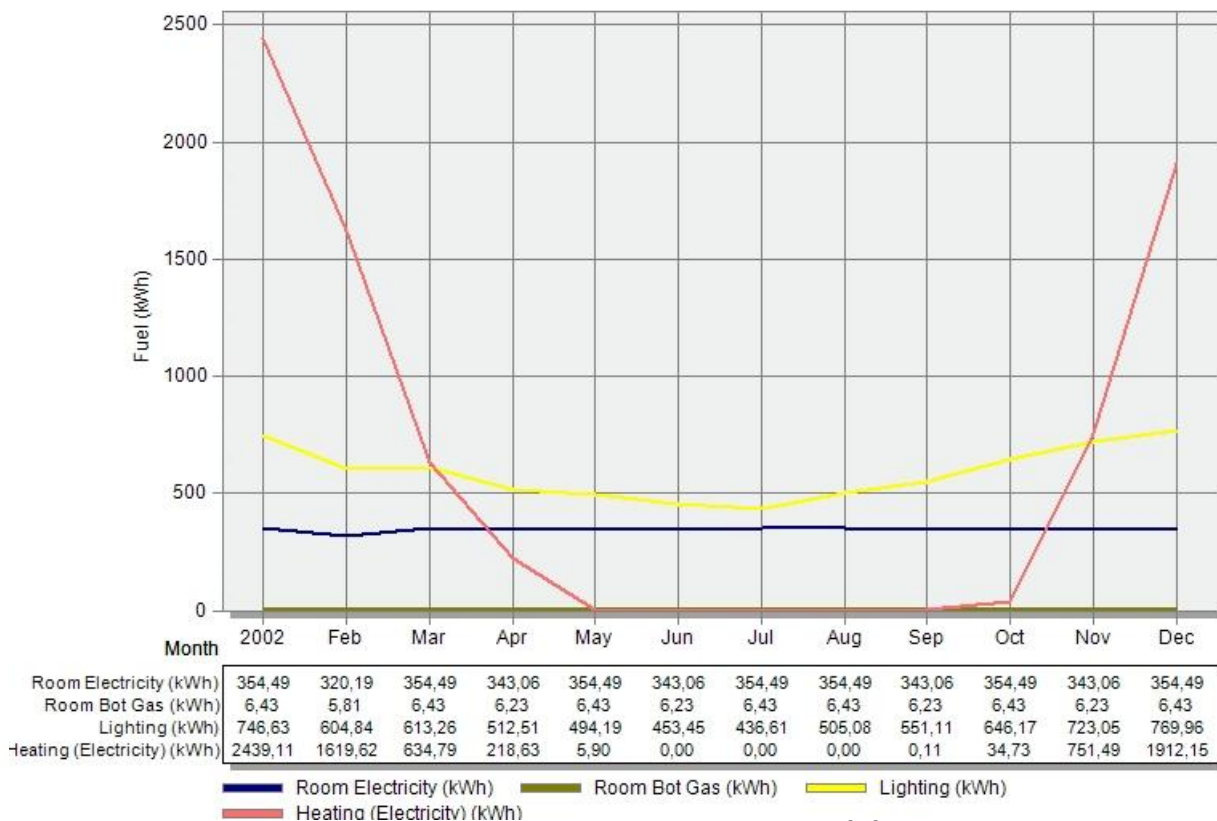
A continuación se presenta una gráfica comparativa de los consumos ajustados obtenidos mediante el programa DesignBuilder y los reales obtenidos de las facturas de electricidad correspondientes al año 2014.

Comparación de consumos (kWh)



Gráfica 2.2.5: Comparación consumos reales y simulación ^[20]

Como se puede observar se ha conseguido obtener unos valores aproximados a la realidad actual del edificio mediante el programa de simulación energética.



Gráfica 2.2.6: Consumos por tipos ^[20]

Con los datos anteriores se puede establecer el porcentaje de consumo de cada tipo de uso: calefacción (40,25%), iluminación (37,29%) y otros (22,10%). Estos valores son similares a los presentados en el Gráfico 1.2.4, de valores medios en residencias de ancianos.

2.3 PROYECTO DE REFORMA Y AMPLIACIÓN

En la realización del convenio de prácticas, el proyecto de ampliación del estudio de arquitectura ha pasado por diversas versiones y modificaciones. Para cada una de ellas se había realizado el estudio energético, sin embargo, únicamente se tratará la última actualización del proyecto.

La última versión del proyecto de reforma y ampliación de la Residencia Barcino contempla:

- Derribo de la parte fuera de los lindes de la sala auxiliar (edificio 3).
- Construcción de una escalera en la entrada desde el nivel de PB al de P1.
- Construcción de una escalera de evacuación en la parte posterior del edificio desde la planta técnica a la planta primera.
- Creación de una rampa de acceso.
- Integración de un ascensor desde PB a P1 entre los edificios 1 y 2.
- Redistribución de los espacios de planta baja de los edificios 1 y 2, incluyendo la eliminación de 5 dormitorios, la creación de una zona de estar más amplia, un espacio dedicado a administración, otro a enfermería y otro a sala de fisioterapia.
- Ampliación de la P1, que incluye: una sala de visitas, una zona de estar, 11 dormitorios y 4 baños.

La planta técnica del edificio no se verá modificada, al igual que el edificio 4 dedicado a salas de instalaciones, neveras, lavadoras, etc.

La realización de este proyecto conlleva un aumento de la superficie útil de 478,37 m² a 669,03 m², es decir, 190,66 m². Y un aumento del volumen de los espacios a calefactar de 493,86 m³. Con esta ampliación el número de plazas pasa de 33 a 40.

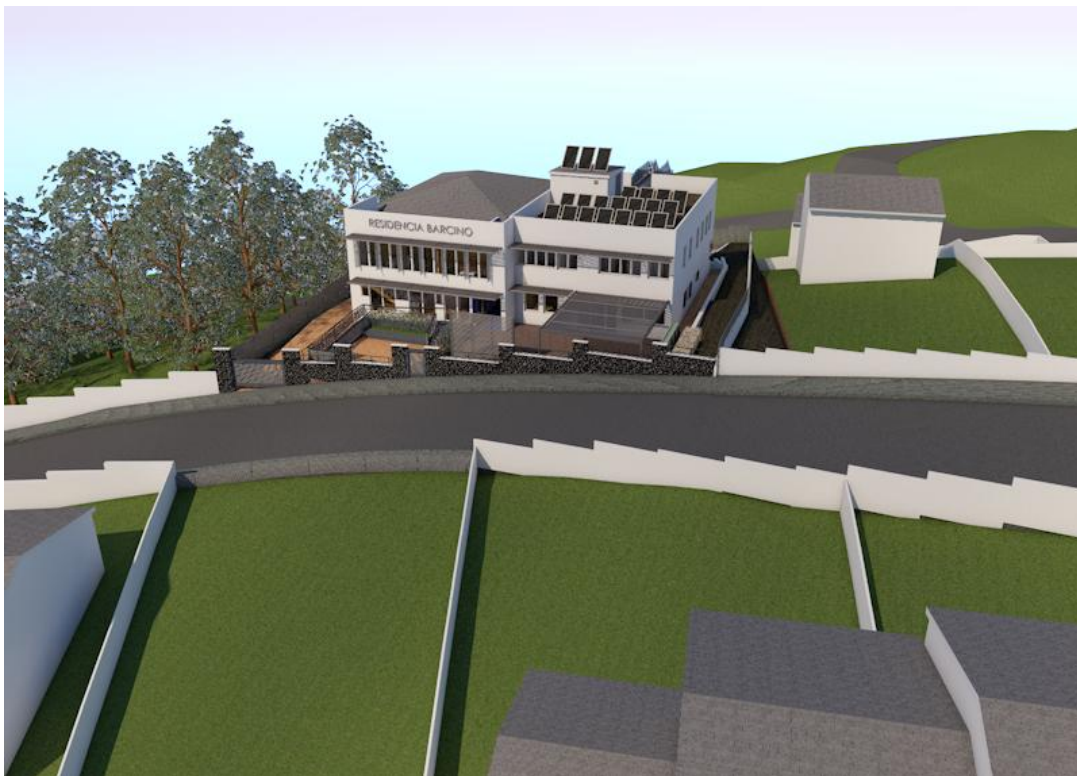


Figura 2.3.1: Modelado del estado final del proyecto ^[16]

2.3.1 NORMATIVA APLICABLE

En este punto se va a elaborar un resumen de las normativas que afectan al proyecto de reforma y ampliación de la Residencia Barcino. Se detallaran los puntos más importantes que se deban aplicar en el proyecto o en el estudio energético.

NORMATIVA URBANÍSTICA

Según el registro urbanístico de Cataluña, la parcela se encuentra catalogada en la tipología A2 del código municipal, que corresponde con parcelas dedicadas a viviendas unifamiliares aisladas con una superficie mínima de 400 m².

Según el "Pla General d'Ordenació del Municipi de Vallirana" este tipos de parcelas se rigen por los siguientes parámetros urbanísticos:

Tabla 2.3.1: Resumen normativa urbanística ^[7]

		A2	Terreno	Proyecto
Parcela mínima		400 m ²	1.109 m ²	1.109 m ²
Ocupación máxima		30 %	332,70 m ²	324,71 m ²
Atura reguladora máxima		9,15 m	9,15 m	-
Nº máximo de plantas		PB + 2 PP	PB + 2 PP	-1 + PB + 1PP
Separaciones mínimas	Fachada	6 m	6 m	Correcto
	Resto	3 m	3 m	Correcto
Construcciones auxiliares	% Ocupación	6 % (máx. 30 m ²)	30 m ²	30 m ²
	Altura	3,50 m	3,50 m	-
Intensidad de la edificación		0,75 m ² st/m ² s	831,75 m ²	392 m ²
Fachada mínima		15 m	31 m	31 m

Como ya se ha comentado anteriormente, la sala auxiliar (edificio 3) no respeta el límite del linde de fachada de 6m. Por ese motivo en el proyecto se ha planteado su demolición y la reutilización de las ventanas.

NORMATIVA APLICABLE A RESIDENCIAS

A continuación se enumeran las normativas de obligado cumplimiento para definir las condiciones técnicas de las residencias.

- Decreto 141/2012, de 30 de octubre, por el que se regulan las condiciones mínimas de habitabilidad de las viviendas y la cédula de habitabilidad.
- Decreto 92/2002, de 5 de marzo, por el cual se establecen las condiciones funcionales de los centros y servicios socio sanitarios.
- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de las Instalaciones Térmicas en los Edificios,
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Así como sus posteriores modificaciones.

2.3.2 TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS

A continuación se describen los sistemas constructivos seleccionados para la ampliación de la Residencia Barcino. Al tratarse de una construcción nueva son de aplicación las exigencias del CTE HE 1 en materia de transmitancia térmica de los cerramientos.

Tabla 2.3.3: Transmitancia térmica máxima de la envolvente "Tabla 2.3 CTE HE 1" ^[5]

Parámetro	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno ⁽¹⁾ [W/m ² ·K]	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [W/m ² ·K]	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Transmitancia térmica de huecos ⁽²⁾ [W/m ² ·K]	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
Permeabilidad al aire de huecos ⁽³⁾ [m ³ /h·m ²]	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 27	≤ 27	≤ 27

De acuerdo con la "Tabla D.1: Zonas climáticas" el municipio de Vallirana pertenece a la zona climática C.

- Fachada de termoarcilla y aislamiento por el exterior:

Se ha seleccionado esta tipología ya que al situar una capa de aislamiento continuo en el exterior se evitan los puentes térmicos. Además el bloque de termoarcilla presenta un impacto de CO² menor que el ladrillo.

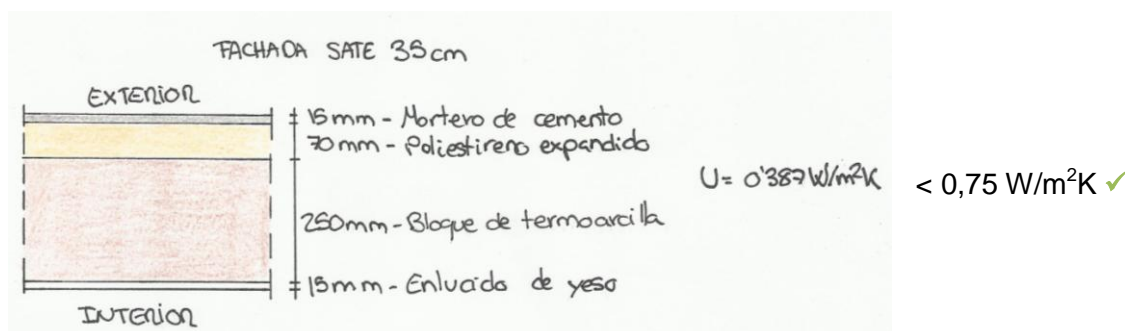


Figura 2.3.2: Sección fachada de la ampliación ^[12]



Figura 2.2.3 y 2.3.4: Sección 3D fachada ampliación ^{[22],[23]}

- Cubierta plana invertida de grava:

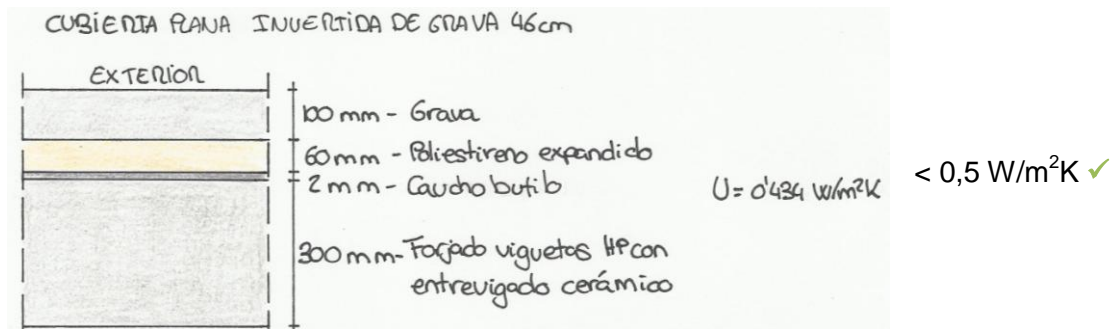


Figura 2.3.5: Sección cubierta plana ^[12]

Se ha seleccionado este tipo de cubierta porque es económica y ofrece una vida útil elevada. La lámina impermeabilizante se encuentra protegida de la radiación solar y las variaciones térmicas gracias a la capa de gravas y el aislamiento térmico. Lo que evita las constantes dilataciones y contracciones que provocan fisuras.

También se consiguen eliminar las condensaciones, ya que la lámina impermeable se encuentra en el interior.

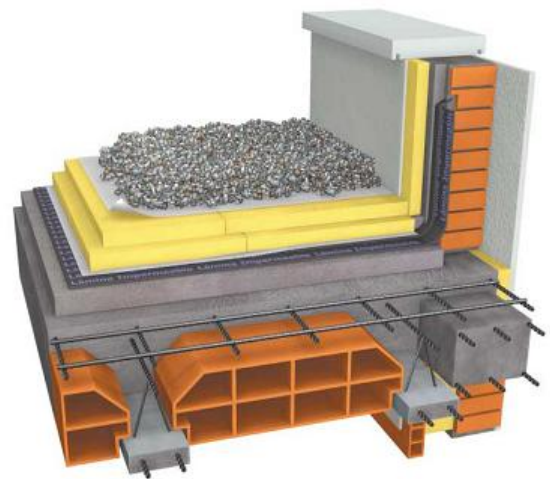


Figura 2.3.6: Sección 3D cubierta plana ^[24]

- Tabiquería interior de yeso laminado:

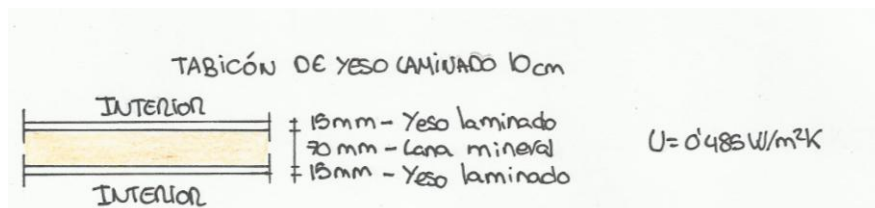


Figura 2.3.7: Sección tabique de yeso laminado ^[12]

La tabiquería será de yeso laminado con estructura de perfiles de acero galvanizado. Este sistema tiene el beneficio de que su construcción es en seco, por lo que los tiempos de ejecución se reducen.

Además al ser un sistema tectónico permite una mayor reutilización de sus componentes y una reparación/sustitución más sencilla.

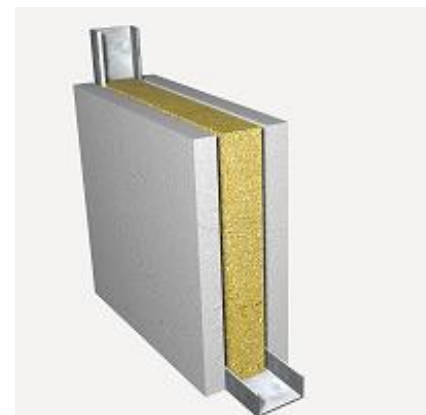


Figura 2.3.8: Sección 3D tabique de yeso laminado ^[25]

2.3.3 INSTALACIONES

- Suelo radiante:

El sistema de calefacción que se ha seleccionado para la ampliación de la residencia de ancianos es el suelo radiante, ya que funciona con agua a baja temperatura (35-45°C), a diferencia de los radiadores comunes que funcionan con agua a 70-90°C. Por este motivo el suelo radiante es capaz de aprovechar de una forma más eficiente el calor captado por las placas solares térmicas.



Figura 2.3.9: Sección 3D suelo radiante ^[26]

- Placas solares:

Tal y como se explica en el Anejo C, en cumplimiento del CTE HE-4, sobre la contribución solar mínima, se deben de colocar un total de 21 placas solares térmicas de 2,1 m² cada unidad.



Figura 2.3.10: Instalación de placas solares térmicas ^[27]

El sistema de placas solares se situará en la cubierta de la ampliación y proporcionará ACS para el consumo y agua caliente para la calefacción de suelo radiante. Las placas solares se conectan en un circuito cerrado que mediante un intercambiador de calor calienta el agua de un depósito. Además de este depósito será necesario disponer de una caldera eléctrica que eleve la temperatura del suelo radiante cuando sea necesario.

Para garantizar el consumo de ACS de la ampliación se va a situar otro acumulador termoeléctrico de 100 litros, ya que no existe red canalizada de gas y los dos existentes no tienen capacidad para suministrar ACS a la ampliación.

En el apartado 2.3.5 se ha realizado la simulación energética sin placas solares y con placas solares, para determinar el ahorro energético que estas producen y compararlo con el coste de la inversión.

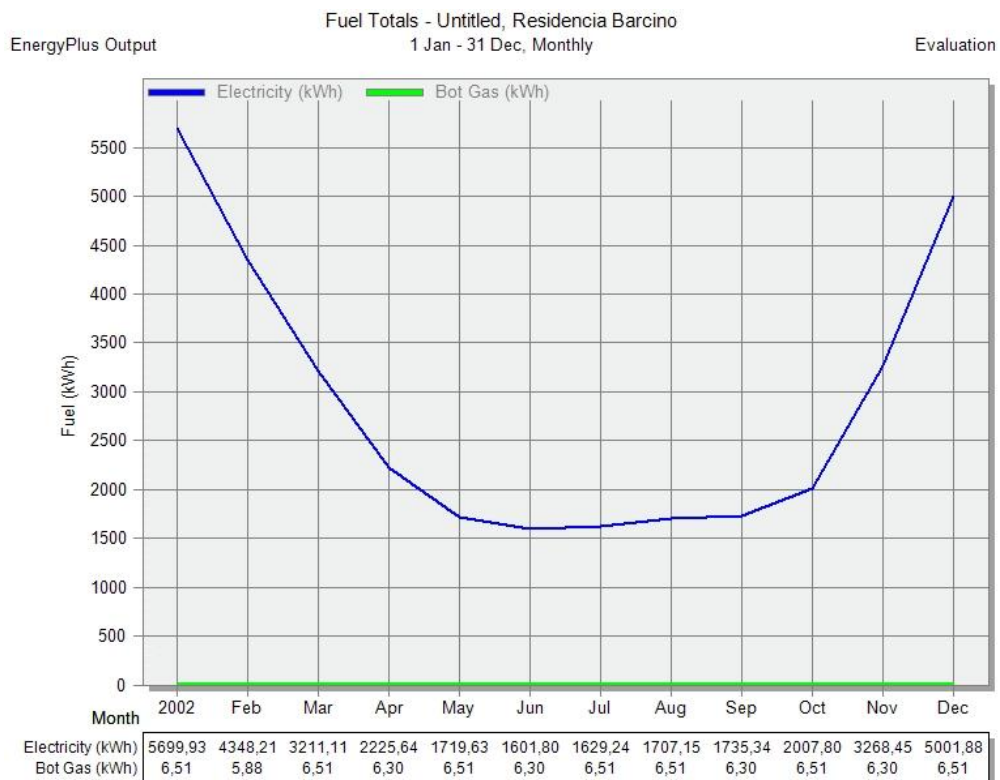
2.3.4 CONSUMO ENERGÉTICO ESPERADO

Utilizando las plantillas de uso presentadas al inicio del trabajo y las tipologías constructivas e instalaciones descritas, se ha efectuado la simulación energética del edificio resultante.

En el siguiente gráfico se presenta el consumo energético esperado para el conjunto del edificio teniendo en cuenta la situación de la instalación de 21 placas solares térmicas.



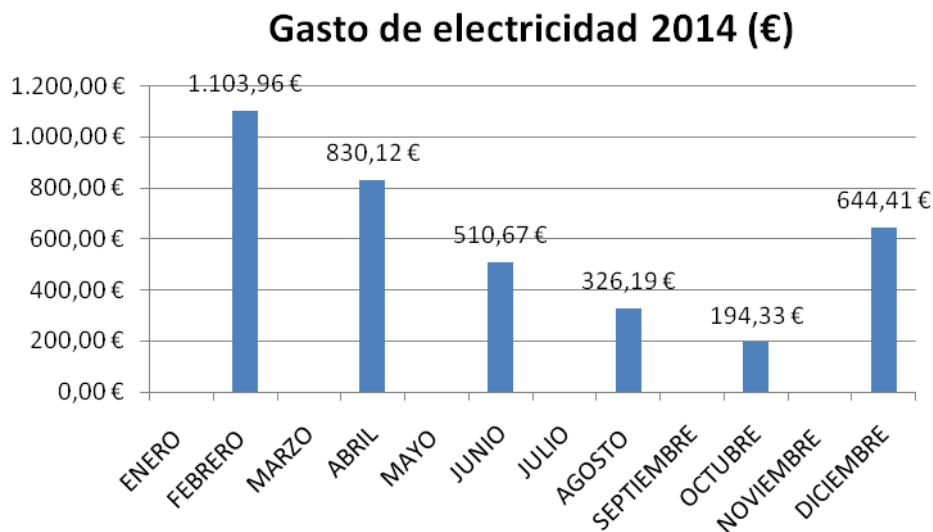
Figura 2.3.11: Visualización edificio resultante ^[20]



Gráfica 2.3.1: Consumo teórico edificio resultante ^[20]

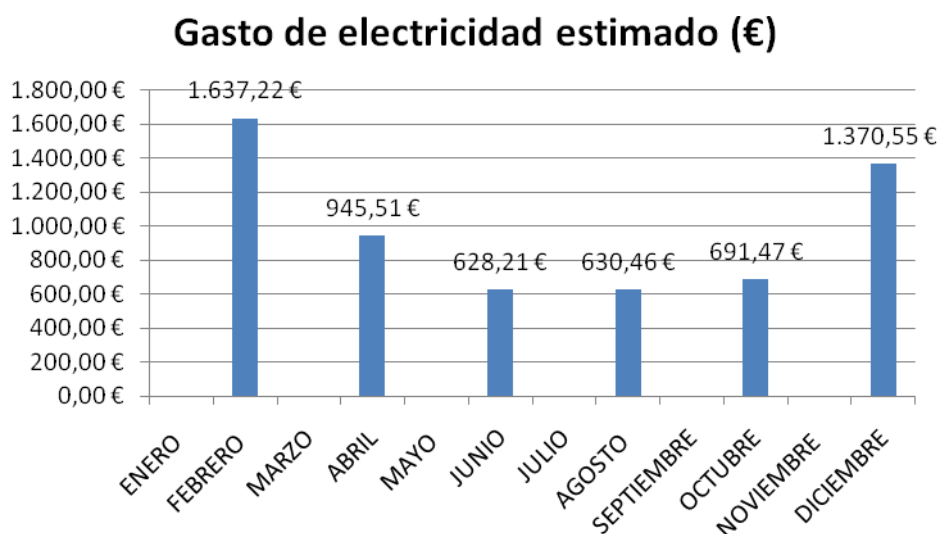
El consumo eléctrico anual resultante es de 34.156 kWh que sobre el consumo existente real de 18.467 kWh representa un incremento de 15.689 kWh. Si dividimos el consumo por la superficie de 669,03 m² obtenemos un valor unitario de **51,05 kWh/m² año**. Más elevado que el consumo real del edificio existente por que las exigencias de confort han aumentado.

A continuación se realiza la comparativa del coste económico de electricidad real y el esperado según los resultados obtenidos de la simulación energética. Los datos de la facturación económica de electricidad en el año 2014 son los siguientes:



Gráfica 2.3.2: Coste real del consumo de electricidad 2014 ^[3]

Suponiendo unos costes fijos de potencia contratada de 130 € y un precio de la electricidad de 0,15 €/kWh se ha elaborado la siguiente gráfica con el gasto económico previsto para el consumo de electricidad en el año 2016.



Gráfica 2.3.3: Gasto estimado del consumo electricidad del año 2016 ^[20]

El coste económico anual de la electricidad se estima en un total de 5.903 €, por lo que se obtiene un aumento respecto a la facturación del año 2014 de 2.294 €.

El coste anual del consumo de electricidad ha aumentado un 63% mientras que el volumen del edificio únicamente ha aumentado en un 40,38%. Es decir, se obtiene un mayor incremento del consumo que del volumen. Esto es debido a que las exigencias de confort en el edificio existente eran menores.

2.3.5 AHORRO ENERGÉTICO DE LAS PLACAS SOLARES TÉRMICAS

La disposición de paneles solares térmicos es una medida prevista en el proyecto. Ya que es de obligado cumplimiento de acuerdo con el CTE HE 4. A pesar de esto, se va a analizar su impacto, para obtener más información sobre los datos de producción energética y la rentabilidad de la inversión.

De acuerdo con los cálculos realizados en el Anejo C, el número de paneles solares que se van a situar es de 21 de una superficie por panel de $2,1 \text{ m}^2$, con un total de $44,1 \text{ m}^2$ de superficie de captación solar.



Figura 2.3.12: Visualización paneles solares^[20]

En la simulación del modelo con paneles solares en DesignBuilder, en el sumario, existe una tabla en la que se especifica el calor producido por cada tipo de energía renovable térmica integrada en el edificio. Los resultados que aparecen en esta tabla son los siguientes.

Tabla 2.3.4: Producción energía térmica paneles solares "Design Builder" [20]

On-Site Thermal Sources

	Heat [kWh]	Percent Heat [%]
Water-Side Heat Recovery	0.00	0.00
Air to Air Heat Recovery for Cooling	0.00	0.00
Air to Air Heat Recovery for Heating	0.00	0.00
High-Temperature Geothermal*	0.00	0.00
Solar Water Thermal	9046.56	100.00
Solar Air Thermal	0.00	0.00
Total On-Site Thermal Sources	9046.56	100.00

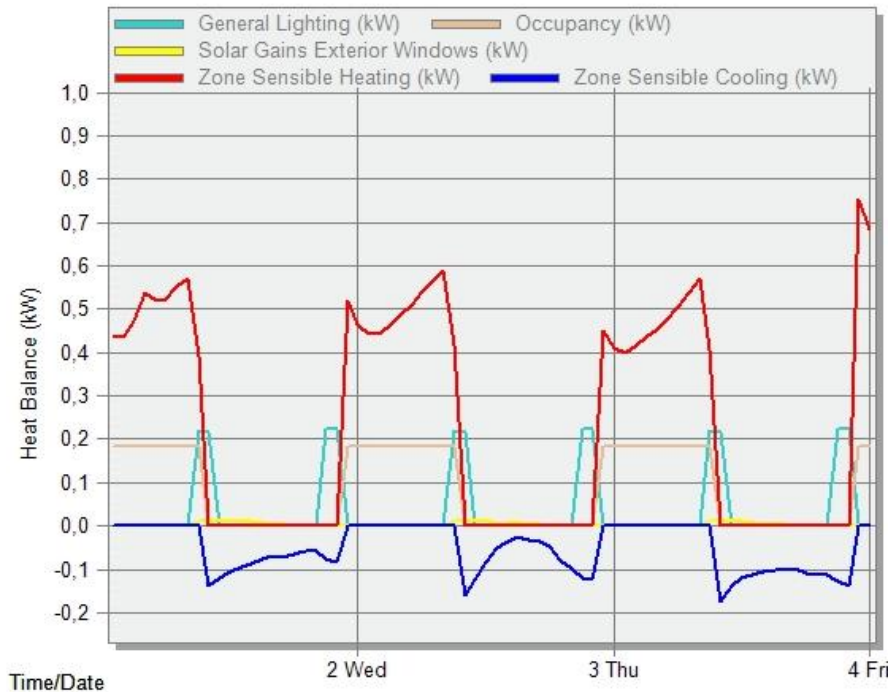
Sin embargo, estos resultados no son los resultados de ahorro de electricidad en kWh. Es necesario realizar la simulación del mismo modelo sin la instalación de los paneles solares y comparar los resultados para saber el ahorro que producen la instalación solar.

Tabla 2.3.5: Ahorro energético paneles solares^[12]

INVERSIÓN TOTAL (€)	AHORRO ENERGÉTICO (kWh año)	INV./AHORRO (€/kWh año)
45.330 €	33.025,60	1,353

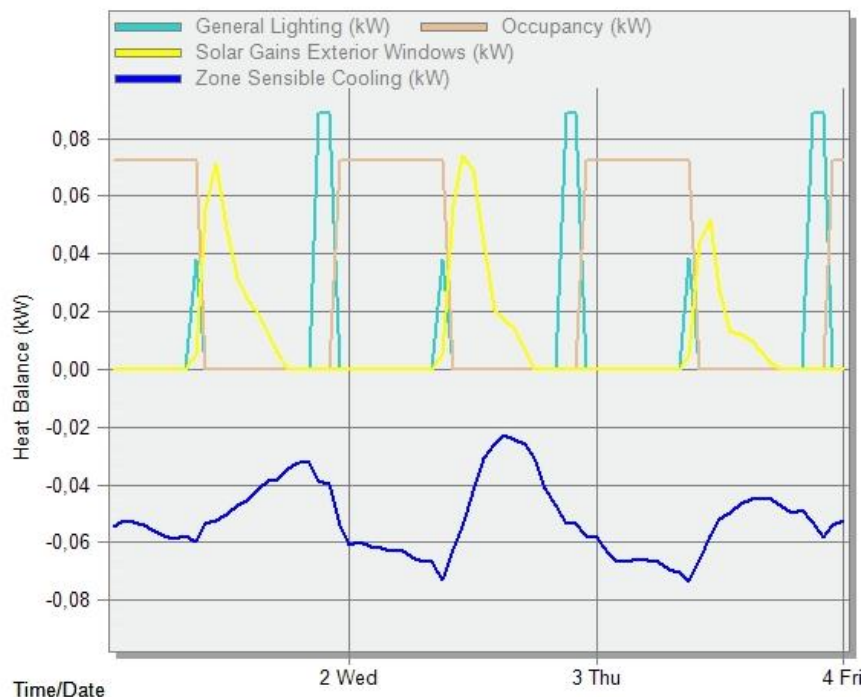
2.3.6 COMPORTAMIENTO DEL SUELO RADIANTE

El comportamiento del sistema de calefacción por suelo radiante es distinto al de los radiadores eléctricos. El calentamiento sensible que produce el suelo radiante no aparece en la gráfica de ganancias internas de DesignBuilder.



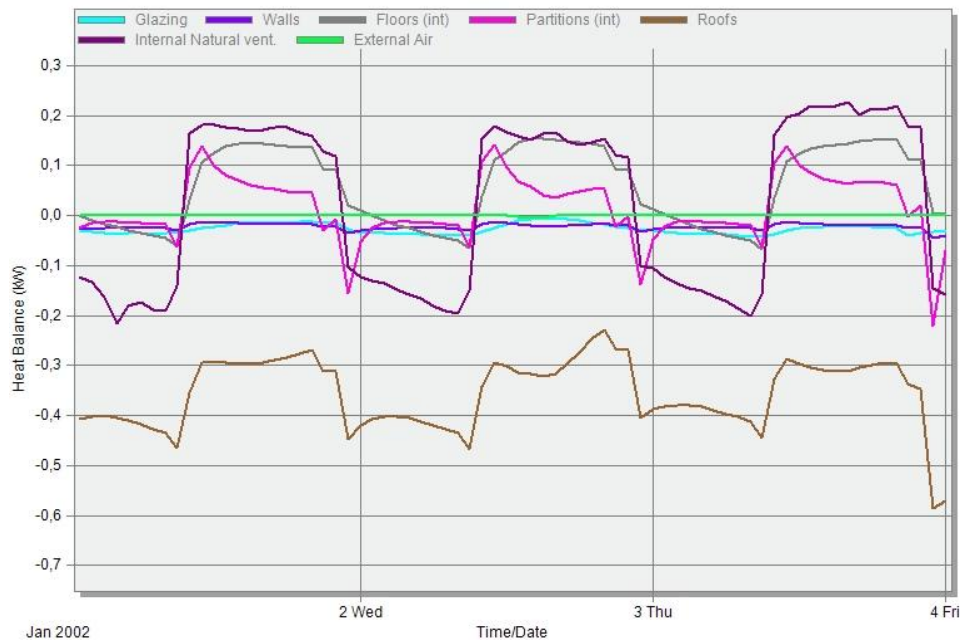
Gráfica 2.3.4: Ganancias internas del dormitorio 14 (con radiadores eléctricos) ^[20]

Como se observa en el siguiente gráfico no aparece la curva roja, que si se encuentra en el caso del dormitorio con radiadores eléctricos.



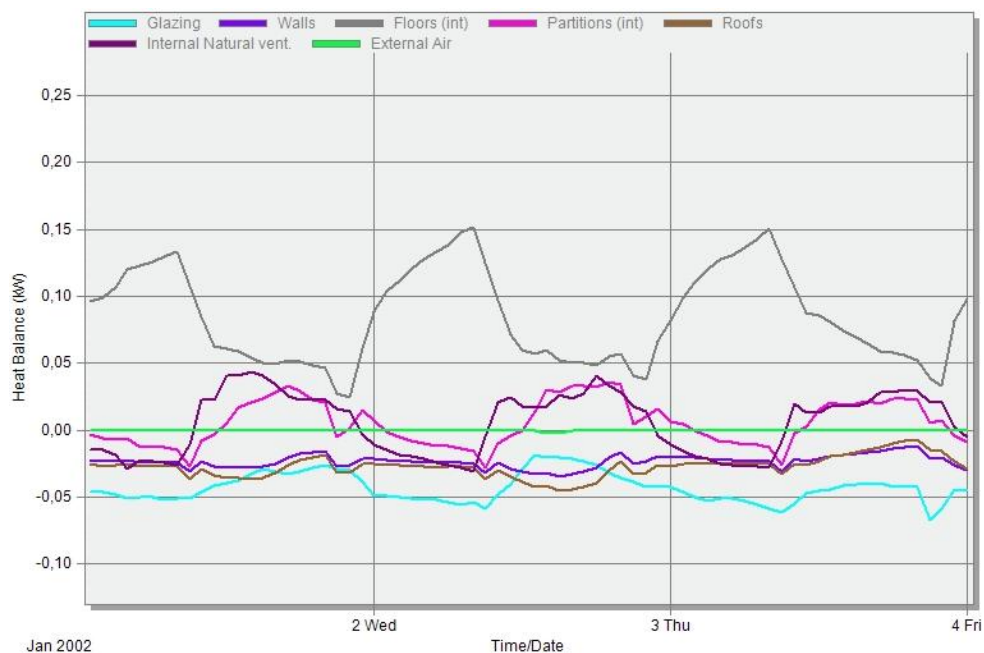
Gráfica 2.3.5: Ganancias internas del dormitorio 24 (con suelo radiante) ^[20]

Si se quiere obtener datos sobre la cantidad de calor que proporciona el suelo radiante, debemos de dirigirnos a los gráficos de pérdidas y ganancias de calor a través de las superficies de los diferentes elementos constructivos.



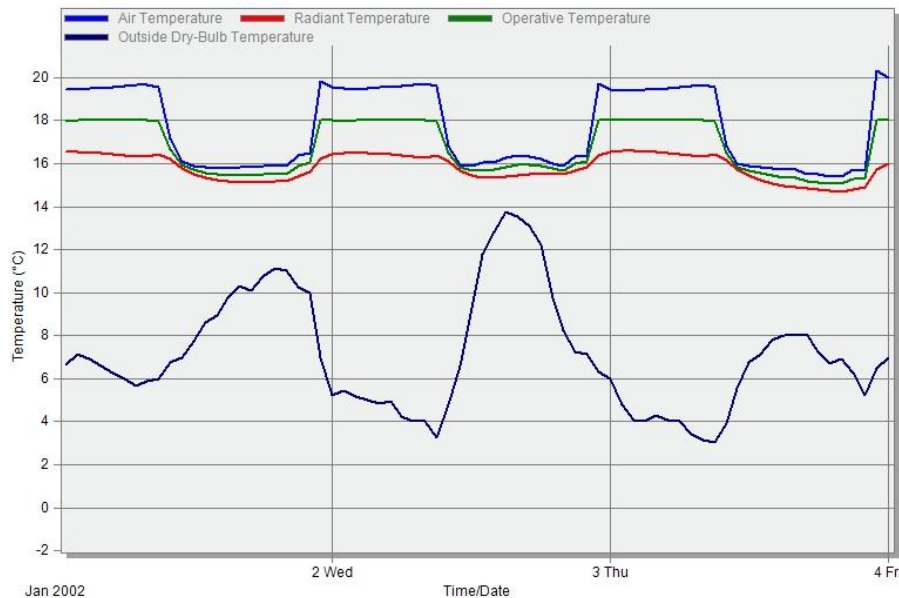
Gráfica 2.3.6: Transferencia de calor por superficies - dormitorio 14 (con radiadores eléctricos) [20]

La energía que aporta el sistema de calefacción queda reflejada en la línea que hace referencia a los suelos interiores, en este caso de color gris. Si se observan los gráficos, en el dormitorio 24, que dispone de suelo radiante, se produce un aumento de las ganancias a través de los suelos de 22:00 a 9:00, es decir el horario de calefacción. Sin embargo, en el dormitorio 14, que utiliza el sistema de radiadores, el suelo únicamente proporciona ganancias durante el día y provienen de la sala de estar situada en la planta inferior.



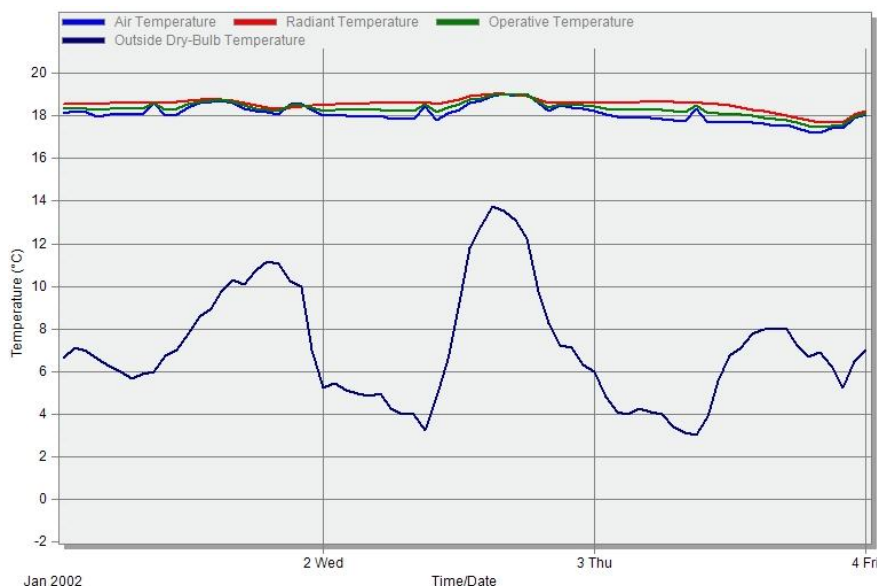
Gráfica 2.3.7: Transferencias de calor por superficies - dormitorio 24 (con suelo radiante) [20]

En lo referente a la temperatura, en el sistema de calefacción por radiadores el tiempo que se necesita para conseguir la temperatura de confort es mucho menor que en el sistema de suelo radiante. Tal y como se aprecia en el gráfico se pasa de 15°C a 18°C en un tiempo aproximado de una hora, sin embargo, cuando el sistema de calefacción se apaga la temperatura desciende rápidamente.



Gráfica 2.3.8: Temperaturas y humedad relativa - dormitorio 14 (con radiadores eléctricos) [20]

En el sistema de calefacción por suelo radiante las variaciones de temperatura se producen más lentamente, ya que trabaja a una temperatura más baja que los radiadores. Además una vez que se apagado el sistema la temperatura del suelo permanece y se disipa de una forma lenta, por lo que el espacio sigue recibiendo calor horas después del apagado. Este efecto se puede observar claramente en el gráfico de ganancias del suelo interior 2.3.7.



Gráfica 2.3.9: Temperaturas y humedad relativa - dormitorio 24 (con suelo radiante) [20]

2.4 ESTUDIO DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN SOLAR PASIVA

Los dispositivos de protección solar evitan la incidencia de la radiación solar en los espacios interiores. El objetivo de este sistema es generalmente reducir el consumo de refrigeración, pero en este caso como no se dispone de refrigeración, se buscará reducir la temperatura interior evitando las ganancias solares.

La correcta elección del tipo de dispositivo, así como su posicionamiento o las dimensiones del mismo son factores clave para cumplir con la finalidad de impedir el paso de la radiación. Es por este motivo que se va a estudiar cada fachada del edificio por separado para poder definir los sistemas más adecuados en cada caso.

2.4.1 FACHADA SUR

La orientación de esta fachada es sur ligeramente oeste por lo que los dispositivos deben de proteger de la radiación solar en las horas centrales en que el sol se encuentra en su recorrido más alto. El sistema de protección más efectivo para esta fachada es la situación de un voladizo. En esta fachada hay dos tipos de ventanas, las de 1,5 m de altura y las de 2,2 m.

Además para proteger de las horas de la mañana y de la tarde en que el sol se encuentra más bajo, se van a disponer lamas verticales, ya que se ha comprobado que al situar voladizos laterales las longitudes serian excesivas.



Figura 2.4.1: Fachada sur del proyecto ^[16]

Para reducir la incidencia del sol, en el proyecto el estudio de arquitectura planteó la disposición de voladizos formados por lamas de perfiles metálicos situadas paralelamente a los rayos del sol, de forma que en las horas centrales no se evitaba el paso de la radiación. También se situó una pérgola con la misma dirección de las lamas.

ELECCIÓN DEL TIPO DE VOLADIZO

Para un mayor aprovechamiento de la radiación durante los meses de invierno, el dispositivo de sombreado se realizará con un conjunto de lamas inclinadas 30° que permitan el paso de la radiación en invierno y la impidan en verano.

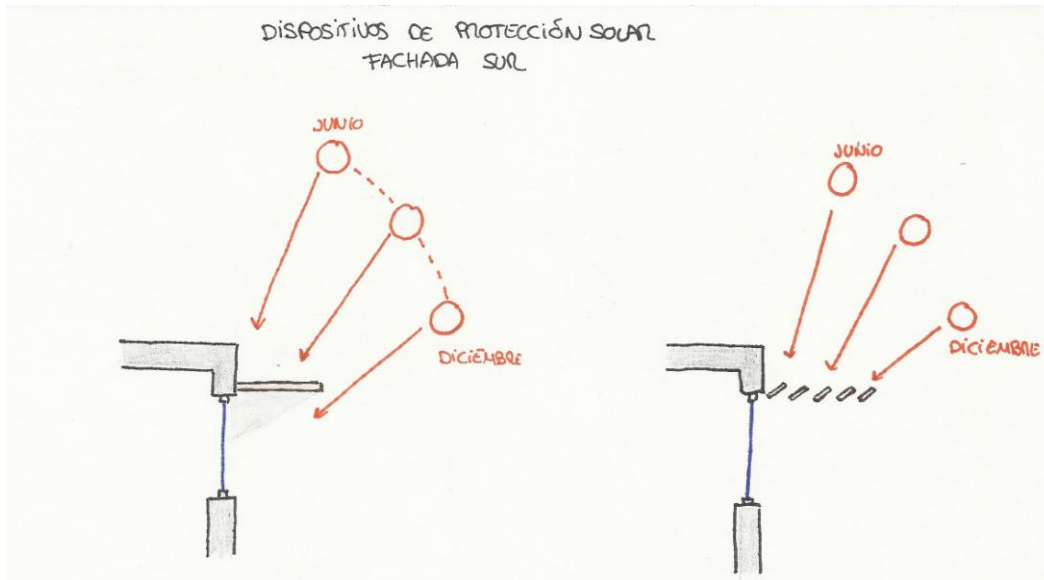


Figura 2.4.2: Comparación voladizo opaco y de lamas ^[12]

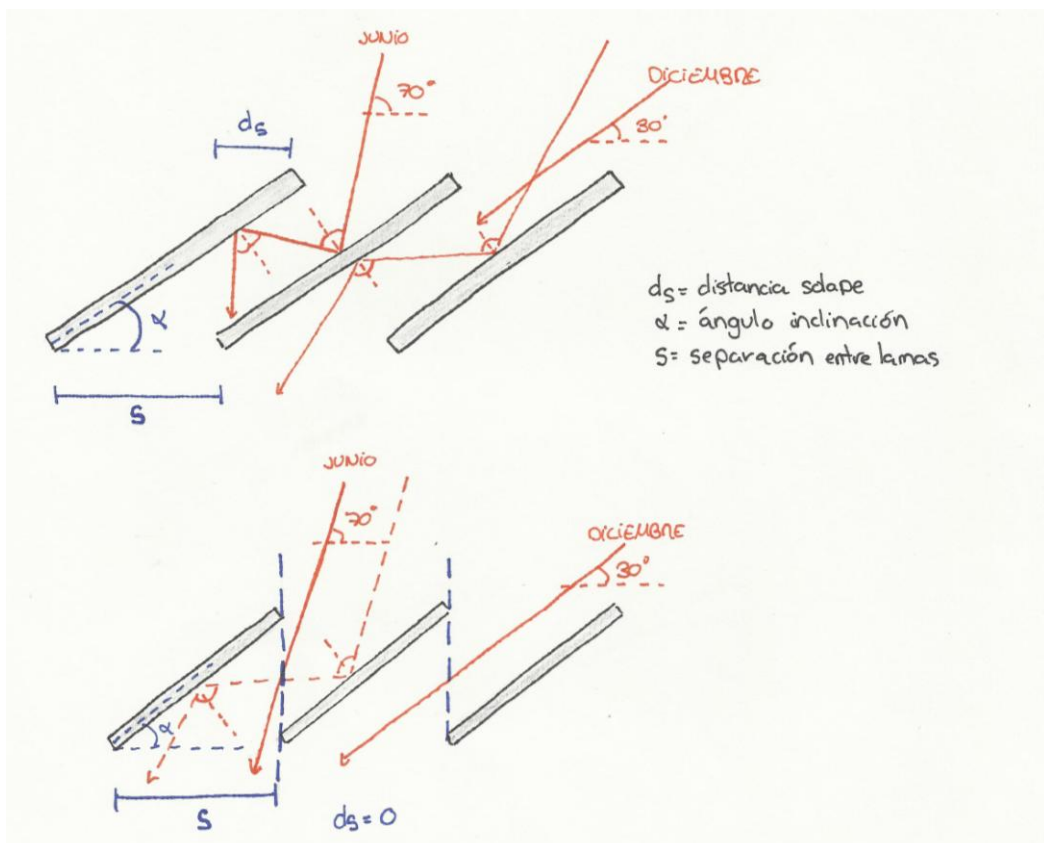


Figura 2.4.3: Esquemas de incidencia de la radiación en las lamas ^[12]

La separación entre lamas es de vital importancia, hay que asegurar una distancia de solape suficiente para que en verano la radiación quede completamente obstaculizada.

LAMAS PARALELAS A LA RADIACIÓN (PROPUESTA DEL PROYECTO)

El sistema de lamas paralelas a la radiación solar no evitan la totalidad de la radiación en verano. En el gráfico 2.4.1 se puede observar como en los meses de verano en las horas centrales en que el sol se encuentra en la misma dirección que las lamas la radiación incide en las superficies acristaladas generando un aumento de la temperatura en el interior.



Figura 2.4.4 y 2.4.5: Análisis de sombras 21 de junio 14:00h ^[16]

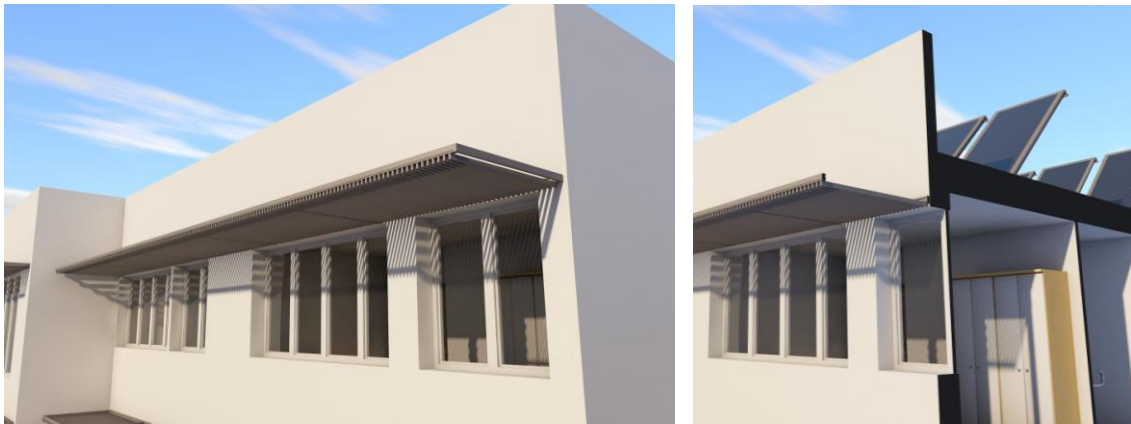


Figura 2.4.6 y 2.4.7: Análisis de sombras 21 de diciembre 14:00h ^[16]

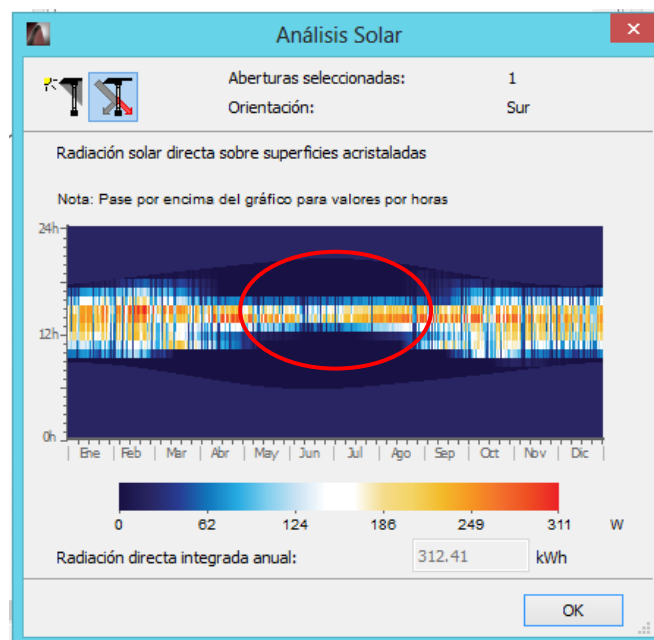


Gráfico 2.4.1: Radiación incidente en ventana central ^[21]

LAMAS PERPENDICULARES A LA RADIACIÓN

Situando una disposición de lamas perpendiculares a la radiación, es decir paralelas a la fachada, las sombras obtenidas en verano tampoco cubren por completo la superficie acristalada, tal y como se aprecia en las imágenes y el gráfico.



Figura 2.4.8 y 2.4.9: Análisis de sombras 21 de junio 14:00h ^[16]

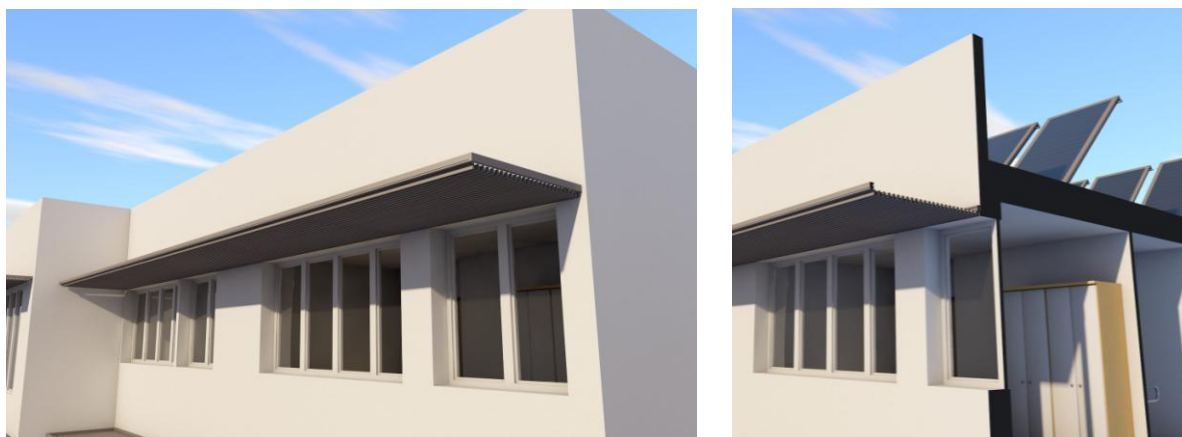


Figura 2.4.10 y 2.4.11: Análisis de sombras 21 de diciembre 14:00h ^[16]

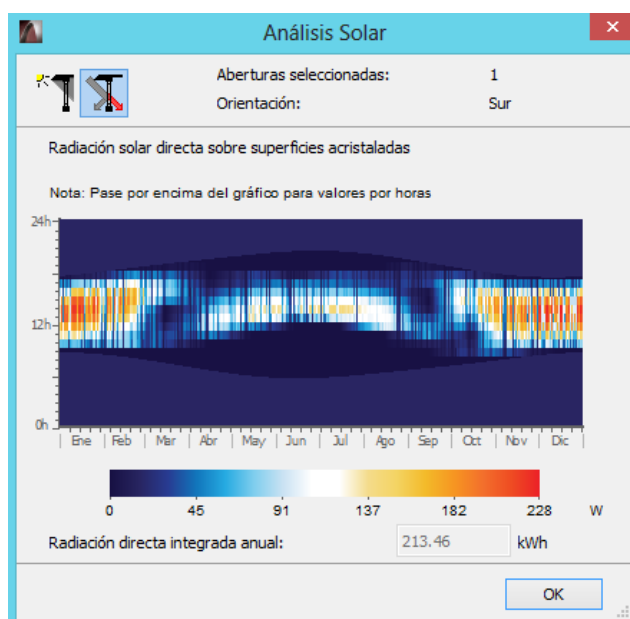


Gráfico 2.4.2: Radiación incidente en ventana central ^[21]

LAMAS INCLINADAS (separación 12,5 cm)

Para conseguir obtener la mayor cantidad de radiación en invierno y la menor en verano, se ha escogido una disposición de lamas inclinadas 30° , tal como la altura solar en las horas centrales en los meses de invierno. De esta forma en invierno las lamas permiten el paso de la radiación y se producen unas ganancias solares más elevadas.



Figura 2.4.12 y 2.4.13: Análisis de sombras 21 de junio 14:00h ^[16]

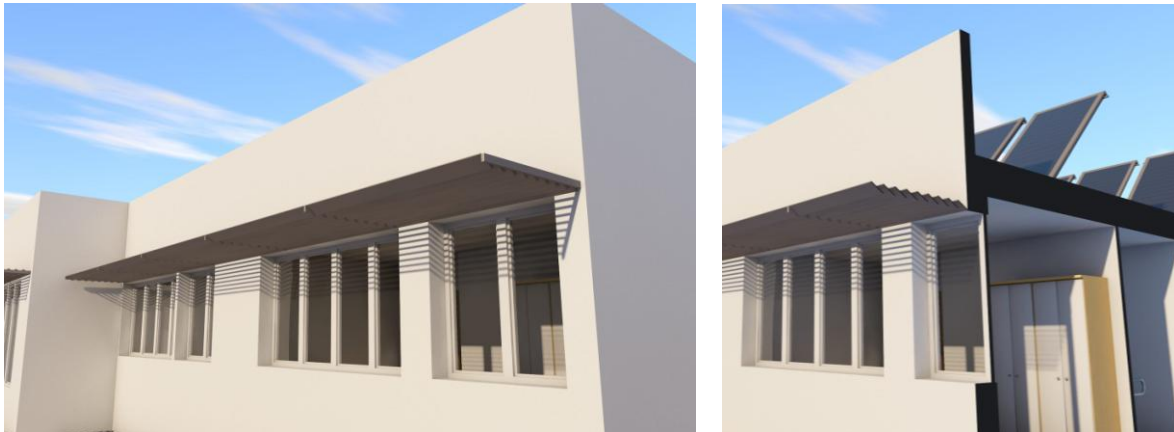


Figura 2.4.14 y 2.4.15: Análisis de sombras 21 de diciembre 14:00h ^[16]

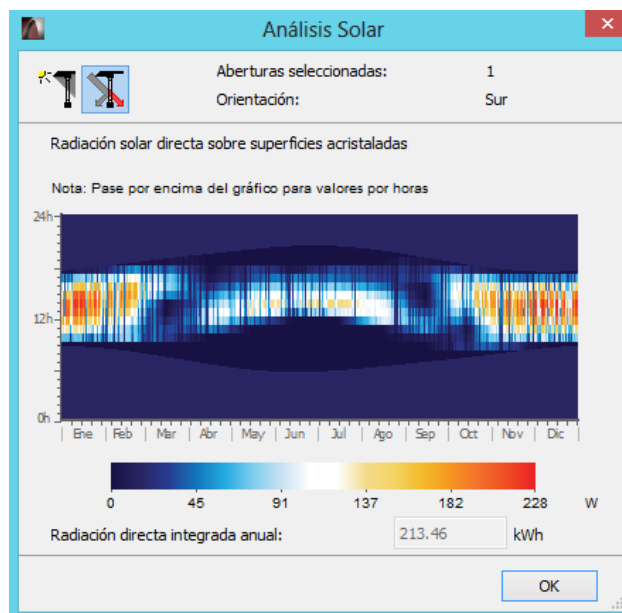


Gráfico 2.4.3: Radiación incidente en ventana central ^[21]

LAMAS INCLINADAS (separación 9,5 cm)

Como se ha podido observar en el gráfico 2.4.3, con una separación entre lamas de 12,5 cm la radiación en verano consigue pasar a través de ellas, por lo que en este caso se tratará la misma disposición de lamas pero con una separación de 9,5 cm entre lamas.



Figura 2.4.16 y 2.4.17: Análisis de sombras 21 de junio 14:00h ^[16]

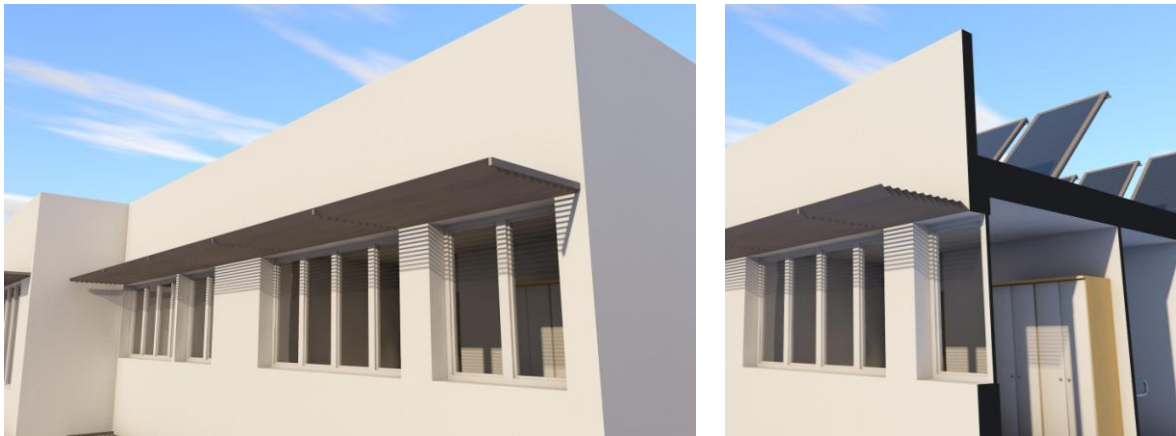


Figura 2.4.18 y 2.4.19: Análisis de sombras 21 de diciembre 14:00h ^[16]

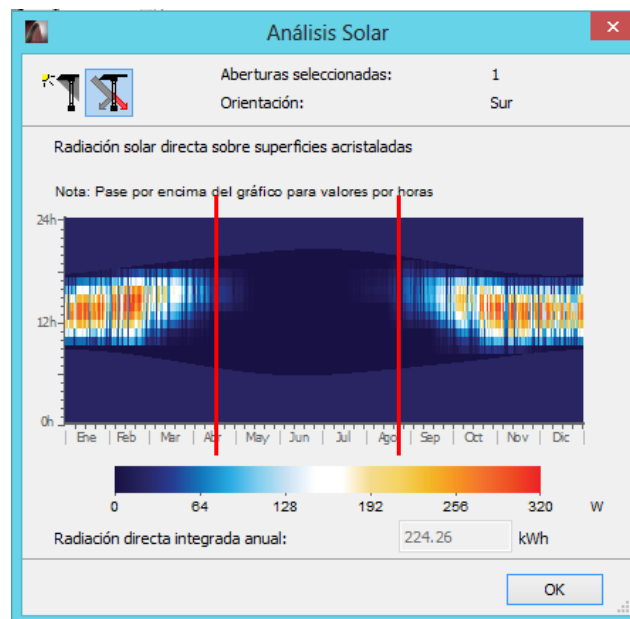


Gráfico 2.4.4: Radiación incidente en ventana central ^[21]

VOLADIZO OPÁCO

Si se utiliza un voladizo completamente opaco se consigue una menor ganancia de calor por radiación en invierno que con los sistemas de lamas inclinadas. En una única ventana se obtiene una diferencia de 83,53 kWh/año, por lo que la diferencia es notable.



Figura 2.4.20 y 2.4.21: Análisis de sombras 21 de junio 14:00h ^[16]

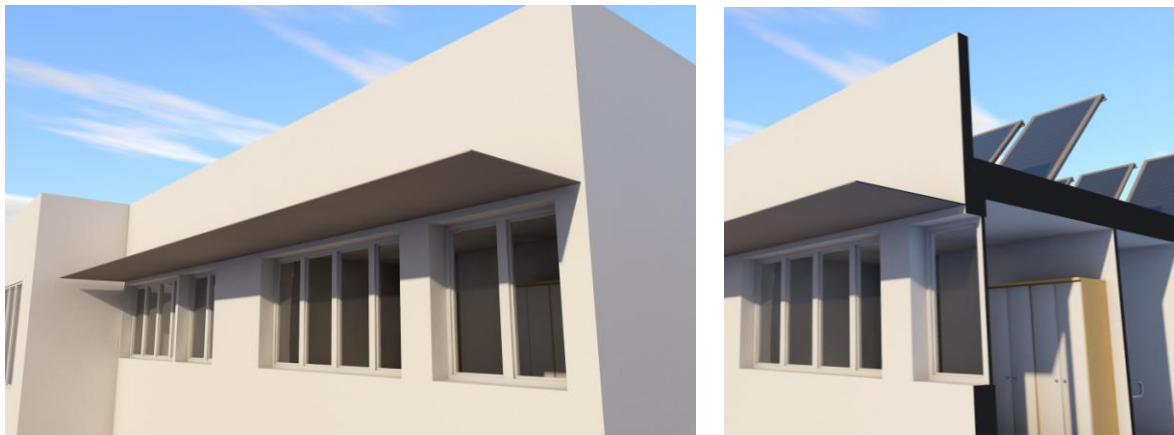


Figura 2.4.22 y 2.4.23: Análisis de sombras 21 de diciembre 14:00h ^[16]

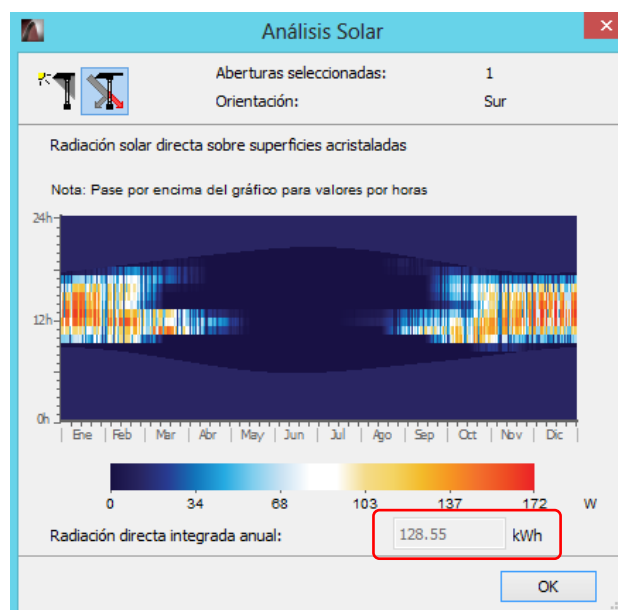
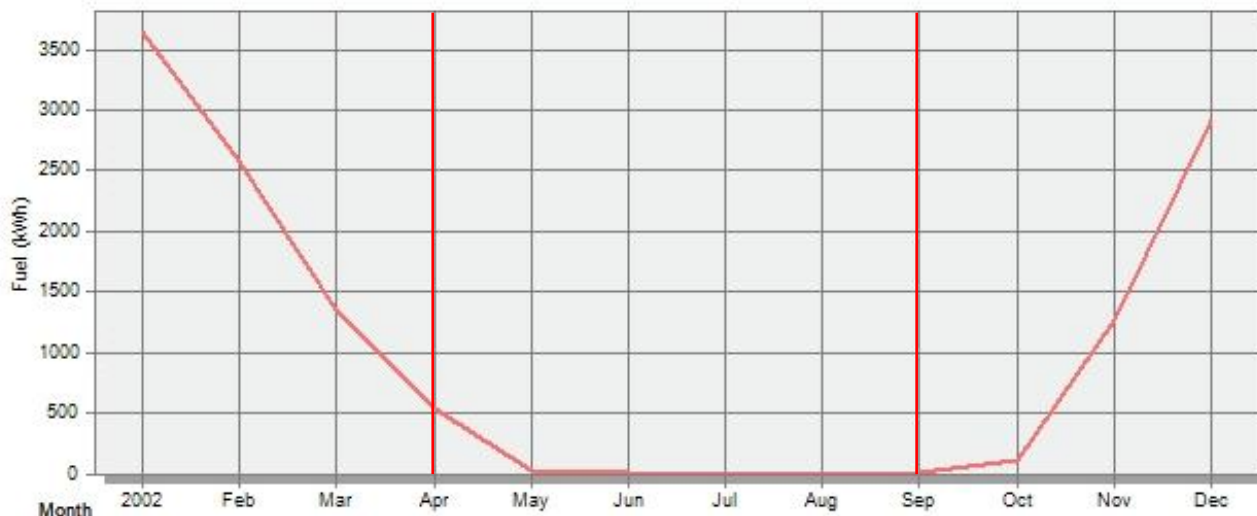


Gráfico 2.4.5: Radiación incidente en ventana central ^[21]

CÁLCULO DEL ANCHO DEL VOLADIZO

El voladizo de lamas deberá de proteger aproximadamente a partir del mes de abril y hasta el mes de setiembre. Período en el cual no existe consumo de calefacción, según se observa en la gráfica 2.4.6.



Gráfica 2.4.6: Consumo de calefacción ^[20]

En el mes de abril cuando el sol se encuentra perpendicular a la fachada, tiene una altura solar de aproximadamente 60°. Con este dato junto con la altura de las ventanas es posible calcular el ancho de los voladizos.

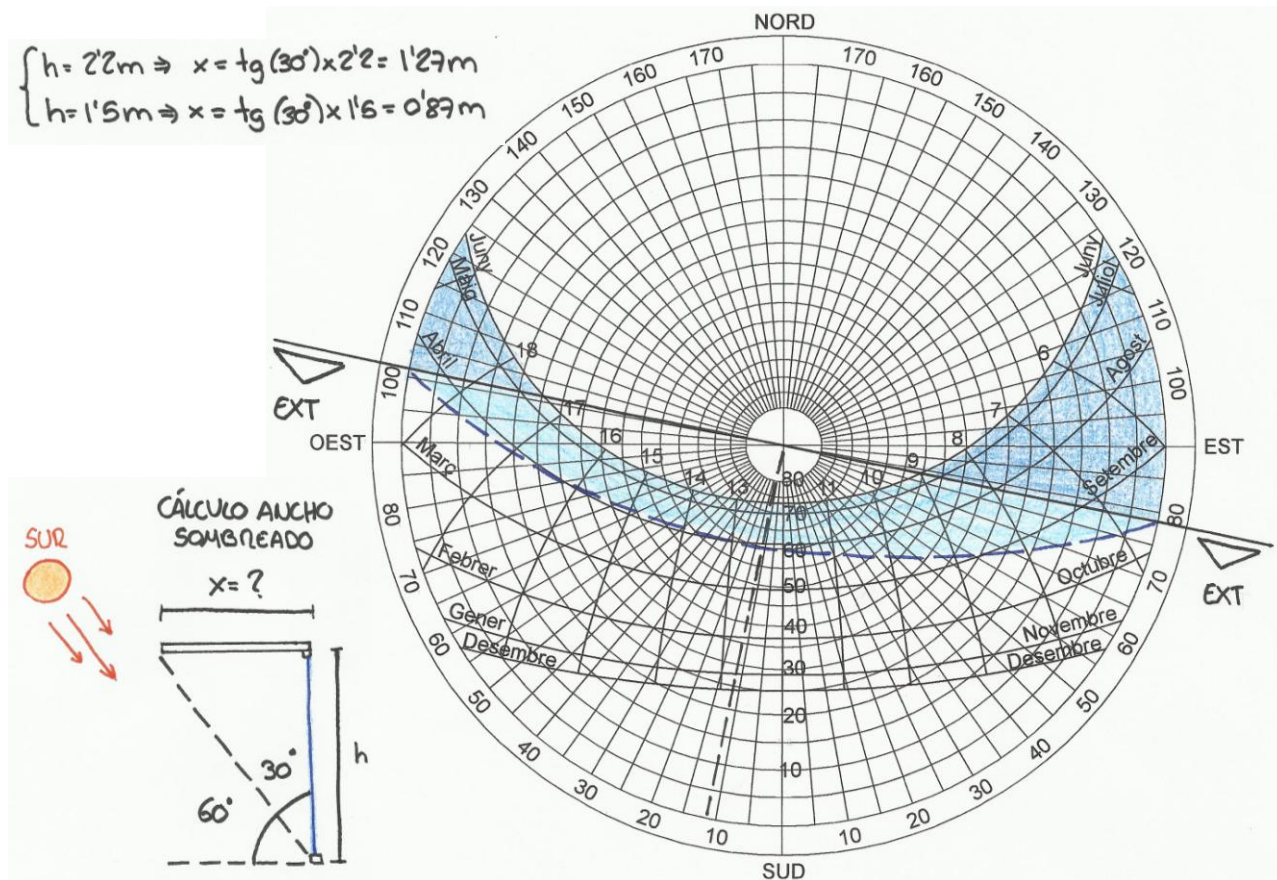


Gráfico 2.4.7: Estereográfico, cálculo del ancho del voladizo ^[12]

DISEÑO DE LAMAS VERTICALES

Únicamente con el voladizo no se consigue proteger durante las horas de la tarde o de la mañana durante el verano. Las ventanas que se sitúan en los extremos del voladizo reciben mayor radiación en dichas horas que las ventanas centrales.

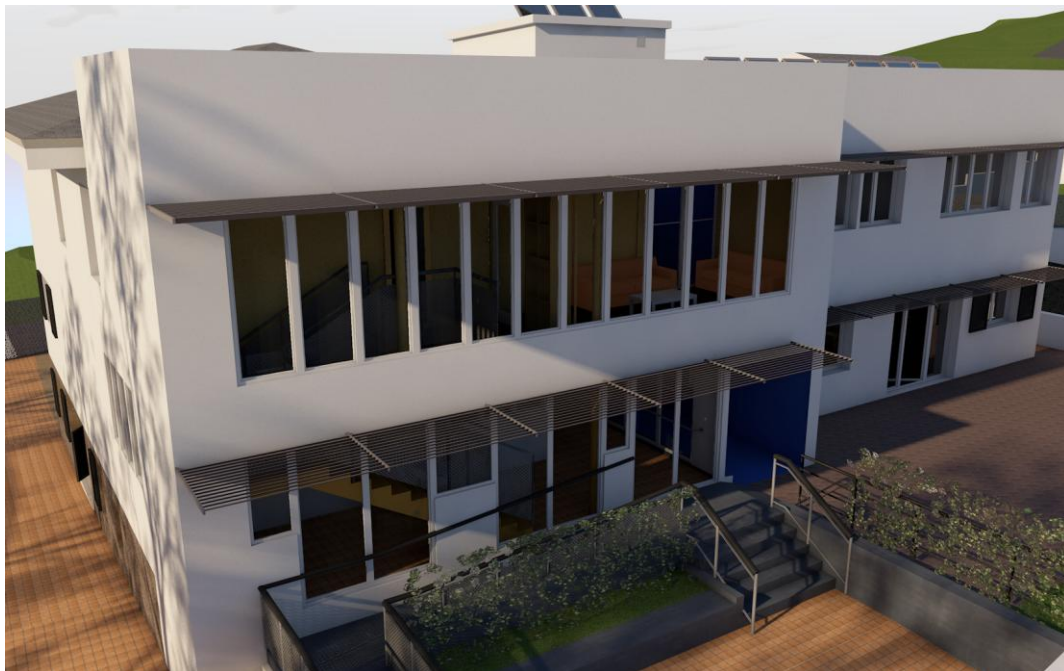


Figura 2.4.24: Análisis de sombras 15 de mayo 18:00h ^[16]



Figura 2.4.25: Análisis de sombras 15 de mayo 10:00h ^[16]

Para evitar este efecto, se van a disponer lamas verticales. La separación entre lamas se considerará fija de 1m y se dimensionará el ancho de cada lama según su posición. Los voladizos se alargan 1m a lado y lado de las ventanas.

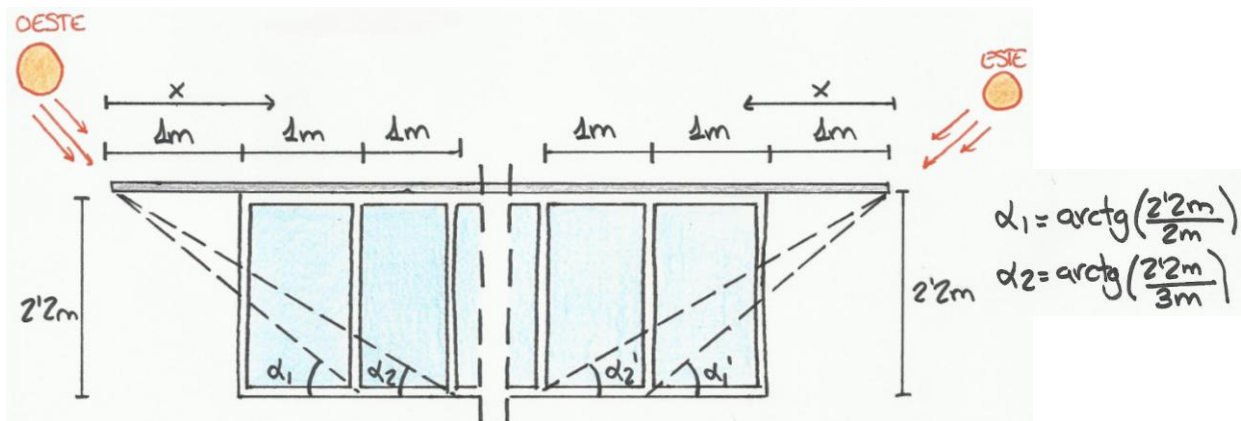


Figura 2.4.26: Dimensionado de lamas verticales ^[12]

En primer lugar, se debe encontrar la altura solar protegida por el voladizo en los puntos en que se sitúan las lamas verticales. Y posteriormente, en el gráfico estereográfico se determina el ángulo en planta que debe cubrir cada lama.

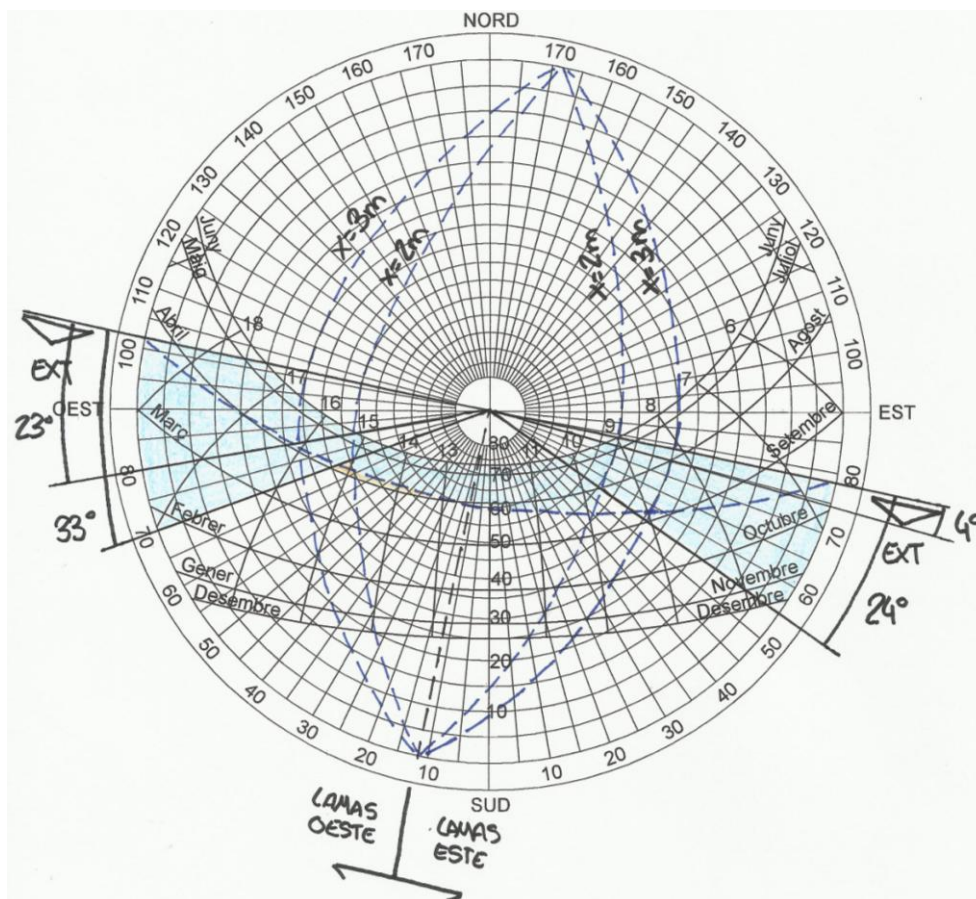


Gráfico 2.4.8: Estereográfico, cálculo del ángulo de protección ^[12]

Finalmente con los ángulos obtenidos del estereográfico se realiza el cálculo del ancho (x_n) de cada una de las lamas verticales.

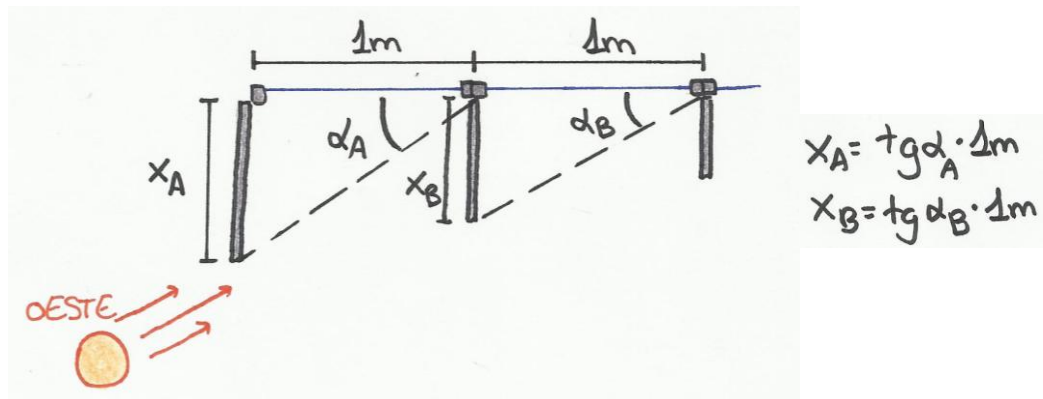


Figura 2.4.27: Dimensionado de lamas verticales ^[12]

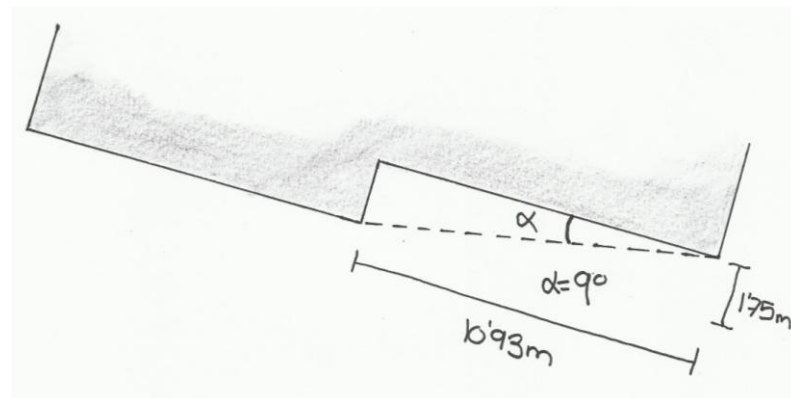


Figura 2.4.28: Retranqueo entre edificios 1 y 2 ^[12]

El retranqueo entre los edificios 1 y 2 provoca la proyección de sombra sobre la fachada del edificio 2 durante las horas de la tarde del verano. Por ello esta fachada únicamente dispondrá de lamas para proteger de la radiación proveniente del este.

Tabla 2.4.1: Lamas del edificio 1 ^[12]

Nº LAMA DE OESTE A ESTE	ANCHO DE LA LAMA
1	65 cm
2	42 cm
3	32 cm
4	27 cm
5	23 cm
6	18 cm
7	14 cm
8	8 cm
9	-
10	-
11	-
12	7 cm
13	44 cm

Tabla 2.4.2: Lamas del edificio 2 ^[12]

Nº LAMA DE ESTE A OESTE	ANCHO DE LA LAMA
1	44 cm
2	7 cm

En las siguientes imágenes se muestra la disposición final de lamas verticales y la proyección de sombras en las horas de salida y puesta de sol en verano. Se puede apreciar que la radiación solar ya no incide sobre las ventanas.



Figura 2.4.29: Visualización final 15 de mayo 18:00h ^[16]



Figura 2.4.30: Visualización final 15 de mayo 10:00h ^[16]

2.4.2 FACHADAS ESTE Y OESTE

En la fachada oeste la radiación solar se ve obstaculizada por la barrera de árboles, durante las últimas horas de la tarde, principalmente en invierno. En verano, el recorrido solar discurre a mayor altura y la sombra que proyectan los árboles es menor.



Figura 2.4.31: Fachada oeste del proyecto ^[16]



Figura 2.4.32: Fachada este del proyecto ^[16]

En la fachada este, la parcela contigua se encuentra a una cota superior, por lo que, tanto el vallado como el edificio vecinos proyectan sombras sobre la residencia. Mientras que en la planta baja las sombras inciden prácticamente toda la mañana, en la planta primera la radiación llega durante la mayor parte de las horas.

En la planta primera de la fachada este las ventanas pertenecen a dormitorios y baños, por este motivo durante la mañana es precisamente cuando hay que evitar la entrada de radiación, puesto que perturbaría el sueño de los ancianos que se encuentren descansando.

Es por las tardes cuando los dormitorios necesitan recibir radiación. Pero en esta fachada la radiación únicamente incide por las mañanas. Si se situara un sistema de lamas fijas sería adecuado, puesto que en ningún momento obstruiría radiación aprovechable.

En la fachada oeste, en planta primera, incide más cantidad radiación por su altura. Esta planta la ocupan dormitorios y baños. En este caso la situación es diferente, ya que la radiación solar incide durante las tardes y en situación de invierno esta radiación es necesaria para calentar los dormitorios. Sin embargo, en verano es imprescindible proteger de esta radiación.

El problema que surge al situar dispositivos de protección solar fijos en la fachadas oeste es que en invierno también se reduce la radiación solar recibida. No es posible que mediante una posición fija de lamas se reduzca la radiación únicamente en verano en la fachada oeste, pues el recorrido solar es muy amplio.

La solución idónea adoptada para las fachadas este y oeste es un sistema contraventanas móviles que se deslicen y permitan su abertura en invierno y su cierre en verano. De esta forma se consigue que los dormitorios puedan recibir la máxima radiación en invierno mientras que en verano se impida su paso.

En la fachada este sería suficiente situando un sistema de lamas fijas, pero las lamas corredizas permiten un mayor aprovechamiento de la iluminación en caso de que sea necesario. Por ese motivo se ha seleccionado el mismo sistema de protección solar.



Figura 2.4.33: Contraventanas corredizas de lamas orientables de madera ^[28]

2.4.3 ANÁLISIS DE LA PROTECCIÓN SOLAR CON DESIGN BUILDER

Sistemas de protección solar seleccionados:

- **Fachada sur:** Voladizo con lamas inclinadas 30° y espaciado de 9,5 cm.
Lamas verticales.
- **Fachada este y oeste:** Contraventanas de lamas corredizas.

Para modelar los dispositivos de la fachada sur se han utilizado bloques de componentes, DesignBuilder da la opción de situar voladizos opacos o sistemas de lamas fijas en la casilla de "local shading". Pero no aparecen las lamas verticales ni los voladizos de lamas inclinadas.

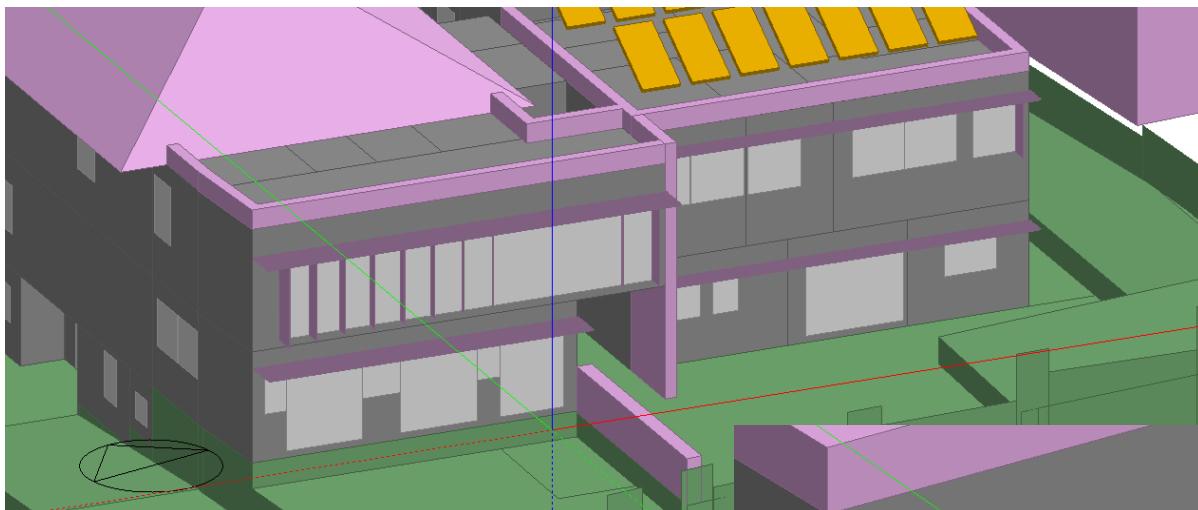


Figura 2.4.34: Modelado de protecciones solares ^[20]

Para simular las contraventanas corredizas de lamas orientables de las fachadas este y oeste se ha realizado a partir de la opción de sombreado de ventanas. Que permite programar la contraventana para que se cierre por las noches, cuando el sistema de refrigeración está encendido o cuando la radiación solar supera un valor determinado, en este caso de 120 W/m^2 .

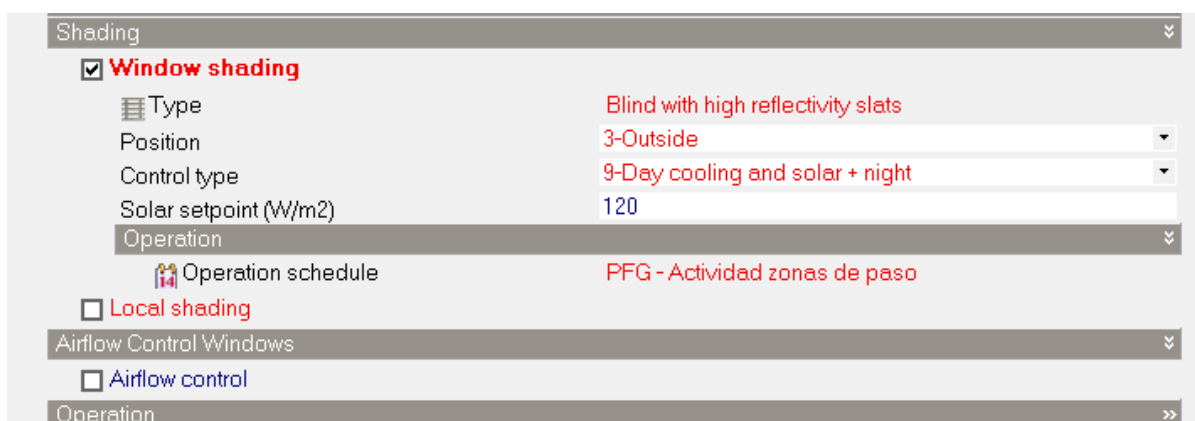
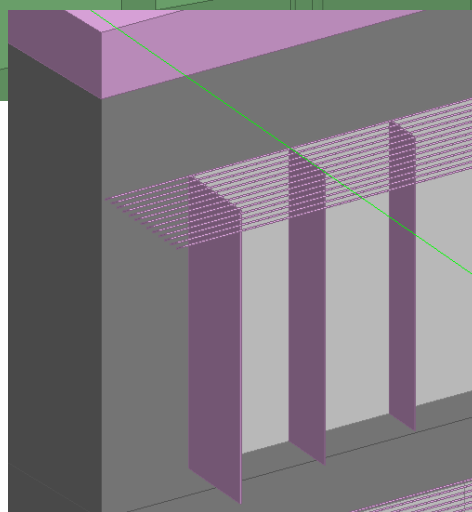


Figura 2.4.35: Configuración de contraventanas ^[20]

Los resultados extraídos de la simulación energética indican un aumento del consumo de la energía eléctrica de 951,27 kWh/año, esto se debe a que no existe ningún sistema de refrigeración en el edificio y al aplicar esta medida no se ha producido ningún ahorro.

Para evaluar el efecto que producen los dispositivos de protección solar es necesario dirigirse a los datos de ganancias solares o de temperatura interior de los espacios.

Tabla 2.4.3: Reducción de las ganancias solares por dispositivos de sombreado ^[20]

MES	REDUCCIÓN kWh
Enero	-536,87
Febrero	-694,87
Marzo	-1136,46
Abril	-1392,14
Mayo	-1228,27
Junio	-850,25
Julio	-923,37
Agosto	-1149,96
Septiembre	-1047,64
Octubre	-855,38
Noviembre	-447,00
Diciembre	-531,65
TOTAL	-10793,86

Como se puede observar se consiguen reducir las ganancias solares principalmente en los meses de verano. A pesar de que los dispositivos han sido dimensionados para evitar las ganancias solares en verano, siempre existe una proporción que se reduce en invierno.

Del aumento del consumo eléctrico producido de 951,27 kWh/año, 471,86 kWh pertenecen a la iluminación y 477,45 kWh al consumo de calefacción.

Tabla 2.4.4: Temperatura mensual media (°C) ^[20]

MES	SIN PROTECCIÓN SOLAR	CON PROTECCIÓN SOLAR	DIFERENCIA
Enero	17,75	17,67	-0,07
Febrero	18,07	17,95	-0,12
Marzo	18,74	18,50	-0,24
Abril	19,49	19,10	-0,40
Mayo	21,56	21,24	-0,32
Junio	23,53	23,38	-0,15
Julio	24,99	24,84	-0,14
Agosto	25,32	25,14	-0,17
Septiembre	23,79	23,63	-0,16
Octubre	21,60	21,44	-0,16
Noviembre	18,87	18,77	-0,10
Diciembre	18,06	17,99	-0,07

Cuando se produce la mayor eficacia del sombreado es en los meses de marzo, abril y mayo. Ya que es cuando existe la mayor reducción de la temperatura media interior y de las ganancias solares.

En ausencia de sistema de refrigeración la evaluación de este tipo de protecciones es más compleja puesto que no se puede observar cómo afecta directamente sobre el consumo asociado a la refrigeración.

2.5 ANÁLISIS DE MEJORAS DE AHORRO ENERGÉTICO

Tras haber analizado el estado actual del edificio y el proyecto de ampliación, en este capítulo, se va a realizar la propuesta de mejoras de ahorro energético. Además también se evaluará el impacto económico de las mismas, de forma que sea posible comparar las diferentes medidas entre sí y especificar las más rentables.

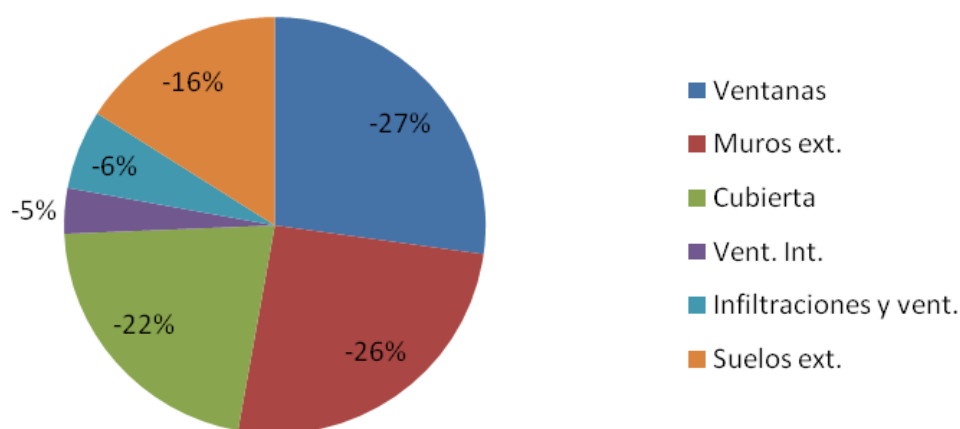
Con esta finalidad, se ha trabajado sobre una unidad funcional que es el precio de la energía ahorrada, es decir, €/kWh año. A este valor se le denominará rentabilidad.

$$\frac{INVERSIÓN\ INICIAL}{AHORRO\ ENERGÍA\ ANUAL} = \frac{€}{kWh\ año}$$

Un valor más reducido indicará también un coste de inversión menor para conseguir la misma cantidad de kWh año. Esto permite comparar varios espesores de aislamientos dentro de un mismo sistema constructivo o comparar diferentes propuestas de ahorro energético entre sí.

Para tener una mejor idea de los puntos en donde es más importante aplicar medidas de ahorro de energía, se presenta el siguiente gráfico en el que se exponen las pérdidas energéticas que se producen en el edificio del proyecto en porcentajes.

Pérdidas energéticas



Gráfica 2.5.1: Pérdidas energéticas (Enero) ^[20]

En el gráfico se aprecia que el punto más importante de pérdidas energéticas son las ventanas, seguido de los muros exteriores y la cubierta.

A pesar de que las ventanas de las fachadas existentes han sido renovadas recientemente siguen siendo el punto con un valor de transmitancia térmica más elevado. Y por lo tanto la superficie que genera más pérdidas de calor.

Generalmente la cantidad de pérdidas de calor que se produce por la cubierta es mayor. Pero en este caso la totalidad de la cubierta plana es nueva y correctamente aislada, mientras que las fachadas existentes no han sido renovadas y no disponen de aislamiento.

2.5.1 AISLAMIENTO DE FACHADAS EXISTENTES

AISLAMIENTO POR EL EXTERIOR

La primera medida a valorar es la situación de un aislamiento por el exterior de las fachadas existentes de la Residencia Barcino. Esta medida no está contemplada en el proyecto inicial de la empresa, sin embargo, si han creído oportuno hacer un estudio del ahorro energético de esta solución y de su rentabilidad.

El objetivo de esta propuesta es reducir las pérdidas y ganancias térmicas a través de los muros exteriores existentes. Además de reducir las pérdidas por infiltración de aire. Todo ello para conseguir reducir el consumo de calefacción.

Tal y como se muestra en el Plano 5.3 de mediciones de las fachadas existentes la superficie total a aislar es de 334,33 m². A partir de los precios obtenidos en el "Generador de precios de la construcción de CYPE" se ha realizado una tabla comparativa de precios en función del espesor del aislamiento.

Tabla 2.5.1: Comparativa de precios en función del espesor del aislamiento ^{[20],[30]}

ESPESOR AISLAMIENTO	PRECIO €/m ²	INCREMENTO DE PRECIO €/m ²	AHORRO ENERGÉTICO (kWh año)	INV./AHORRO (€/kWh año)	INVERSIÓN TOTAL (€)
6 cm	59,10	-	5356,19	3,688	19758,90
8 cm	62,17	3,07	5596,58	3,713	20785,29
10 cm	66,03	3,86	5779,98	3,819	22075,80
12 cm	68,94	2,91	5911,09	3,899	23048,71

De la tabla anterior se deduce que el aislamiento con menor tasa inversión/ahorro es el correspondiente a 6 cm de espesor, por lo que este espesor sería el de mayor rentabilidad. El coste de la inversión total es de 19.758,90€ y el periodo de amortización para este sistema es 14 años.

AISLAMIENTO POR INSUFLACIÓN EN CÁMARA DE AIRE

El precio del sistema de aislamiento por el exterior que ronda los 60 €/m² es elevado si lo comparamos con el sistema de insuflación de aislamiento en la cámara de aire de 25,55 €/m² para una cámara de 5 cm, por este motivo también se ha analizado la posibilidad de utilizar este otro tipo de sistema de aislamiento.

Tabla 2.5.2: Ahorro energético de insuflación de aislamiento ^{[20],[30]}

ESPESOR AISLAMIENTO	PRECIO €/m ²	AHORRO ENERGÉTICO (kWh año)	INV./AHORRO (€/kWh año)	INVERSIÓN TOTAL (€)
5 cm	22,55	4965,41	1,720	8542,13

La tasa de rentabilidad es de 1,72 €/kWh año mientras que para el sistema anterior era de 3,68 €/kWh año, lo que nos indica que este sistema consigue ahorrar mayor cantidad de energía por un coste menor. Asimismo el periodo de amortización de 8 años, también es menor que el anterior.

2.5.2 CUBIERTA AJARDINADA

Tal y como se ha visualizado en la gráfica de pérdidas y ganancias, el tercer punto con mayor cantidad de pérdidas pertenece a elementos de cubierta. Este elevado valor se debe al movimiento natural ascendente del calor y la acumulación de este en la parte superior del edificio.

Con la finalidad de reducir las pérdidas, se ha propuesto la utilización de una cubierta ajardinada en sustitución de la cubierta de grava invertida definida en el proyecto inicialmente.

La capa de tierra vegetal juntamente con las raíces de las plantas de la cubierta ajardinada hacen que el valor de la transmitancia de este sistema sea inferior al de la cubierta de grava. Ya que las gravas son un elemento de mayor transmitancia térmica.

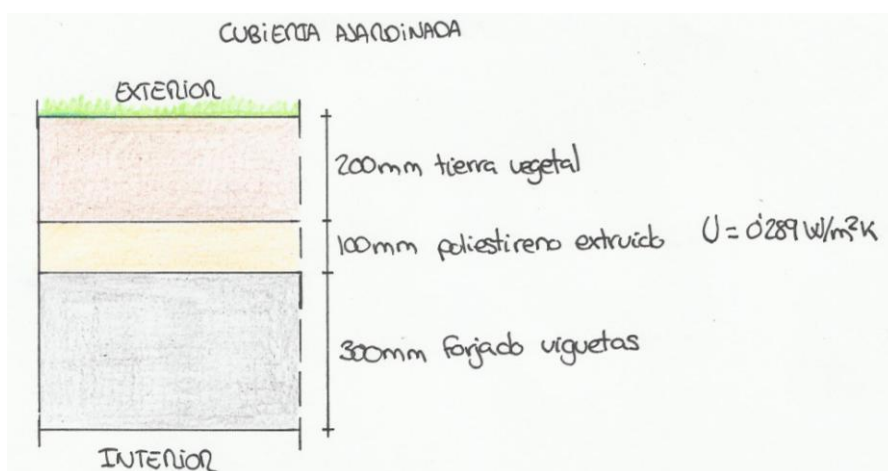


Figura 2.5.1: Sección de cubierta ajardinada ^[12]

La superficie de cubierta afectada por esta mejora es de 203,74 m² y el precio de la cubierta de grava invertida del proyecto es de 63,50 €/m² mientras que el de la cubierta ajardinada es de 79,89 €/m².

Este cambio de tipología de cubierta ha permitido reducir las pérdidas de calor a través de la misma en 6152,29 kWh/año, lo que se traduce en una reducción del consumo de calefacción de 2881,44 kWh de electricidad anuales.

Tabla 2.5.3: Ahorro energético de cubierta ajardinada ^{[20],[30]}

CUBIERTA	PRECIO €/m ²	INCREMENTO DE PRECIO €/m ²	AHORRO ENERGÉTICO (kWh año)	INV./AHORRO (€/kWh año)	INVERSIÓN TOTAL (€)
Grava	63,50	-	-	-	-
Ajardinada	79,89	16,39	2881,44	1,158	3339,29

La inversión necesaria para situar una cubierta ajardinada es la diferencia de precios entre ésta y la cubierta invertida de grava. Lo que se refleja en la tasa de rentabilidad que es baja. La amortización de los 3339,29 € se sitúa en un período de 6 años.

En DesignBuilder es posible programar una cubierta ajardinada. Únicamente se debe de activar la casilla de "green roof" en el material sobre el cual se encuentra la capa de plantas.

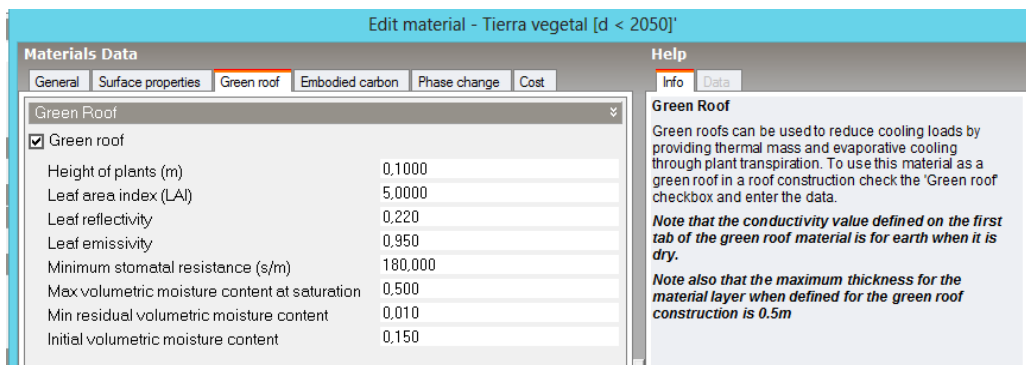


Figura 2.5.2: Configuración de cubierta ajardinada en DesignBuilder ^[20]

Además también se puede editar la visualización del material en la pestaña de propiedades superficiales, en este caso se ha escogido una textura de hierba.

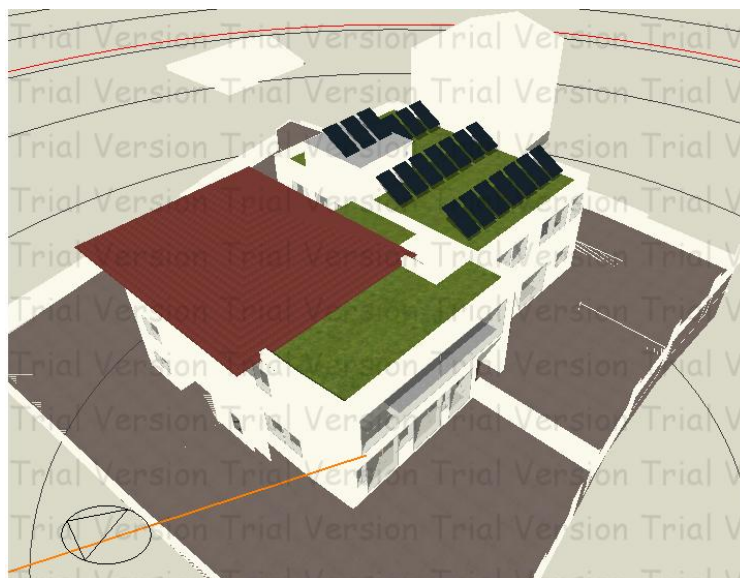


Figura 2.5.3: Visualización de cubierta ajardinada ^[20]



Figura 2.5.4: Visualización de cubierta ajardinada ^[16]

2.5.3 VENTANAS DE BAJA TRANSMITANCIA TÉRMICA

El foco más importante de pérdidas energéticas son las superficie de acristalamiento del edificio, ya que representan un elemento débil en cuanto a resistencia térmica en comparación con el muro que las contiene. Por ese motivo, se va a estudiar el impacto de situar una tipología de ventanas de baja transmitancia térmica, tanto en términos económicos como en términos energéticos.

Las ventanas del edificio existente ya han sido renovadas recientemente, por lo que se ha descartado la opción de renovar las ventanas existentes. Dado que todavía no se ha amortizado la inversión.

La carpintería propuesta es de PVC ($U=2 \text{ W/m}^2\text{K}$) ya que al ser un material plástico tiene una transmitancia más baja que el aluminio ($U=4 \text{ W/m}^2\text{K}$) y además el precio es menor. Y para la superficie acristalada una doble hoja de baja emisividad con cámara de gas argón.

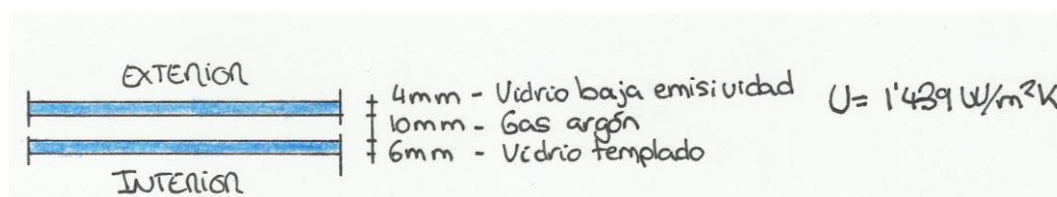


Figura 2.5.5: Sección vidrios baja transmitancia ^[12]

La superficie acristalada a valorar es de $103,48 \text{ m}^2$ y un total de 47 Ud. de ventanas, tal como se detalla en los Planos 5.1 y 5.2 de mediciones.

Tabla 2.5.4: Ahorro energético carpintería PVC ^{[20],[30]}

CARPINTERÍA	PRECIO €/ud.	INCREMENTO DE PRECIO €/ud.	AHORRO ENERGÉTICO (kWh año)	INV./AHORRO (€/kWh año)	INVERSIÓN TOTAL (€)
Aluminio	385,00*	-	-	-	-
PVC	279,74*	-105,26	19,20	-	- 4947,22

* Precios de una ventana tipo de $1,20 \times 1,20$.

El ahorro energético obtenido al cambiar la carpintería no es significativo, sin embargo tiene un mejor comportamiento que la de aluminio y un precio más reducido. Si se supone que la vida útil de la carpintería de PVC es de la mitad que la de aluminio, este cambio no sería rentable, por el bajo nivel de ahorro energético.

Tabla 2.5.5: Ahorro energético vidrios baja transmitancia ^{[20],[30]}

VIDRIOS	PRECIO €/m ² .	INCREMENTO DE PRECIO €/m ²	AHORRO ENERGÉTICO (kWh año)	INV./AHORRO (€/kWh año)	INVERSIÓN TOTAL (€)
Inicial	37,84	-	-	-	-
Propuesto	118,40	80,56	371,08	22,46	8336,35

Con la sustitución de los vidrios se obtiene un pequeño ahorro energético de $371,08 \text{ kWh/año}$, insuficiente si tenemos en cuenta el precio de la inversión de $8336,35 \text{ €}$. La tasa de rentabilidad de esta medida es de $21,36 \text{ €/kWh año}$ muy superior al resto de propuestas de mejora.

2.5.4 ILUMINACIÓN LED

Un 37% del consumo de electricidad proviene de la iluminación. Esta mejora trata de reducir el consumo de iluminación substituyendo el sistema de iluminación por uno más eficiente como el LED "Ligthning emitting diode".

El sistema LED tiene un consumo un 80% inferior que las lámparas incandescentes y una vida útil mayor, de unas 50.000 horas, gracias a que no posee filamento. En las lámparas incandescentes, una gran parte de la energía que recibe la bombilla se transforma en calor, por lo que la eficiencia de éstas es muy baja.

Tabla 2.5.6: Eficiencia luminosa de los tipos de lámparas (lúmenes/Watt) ^[10]

Tipo de iluminación	Eficiencia luminosa (lm/W)
Incandescente y halógenas	10 - 26 lm/W
Fluorescentes	25 - 118 lm/W
Descarga de alta intensidad HID	115 lm/W
LED	100 - 200 lm/W

Fuente: Guía técnica - El LED en el Alumbrado "Fenercom"

La eficiencia luminosa que presentan las lámparas de LED es de las más altas entre los diferentes sistemas.

Para hacer una estimación de la inversión total se va suponer que existe 1 punto de luz cada 3 m², y que el precio medio de una bombilla de LED es de unos 15 €.

El valor de la superficie útil total del edificio proyectado es de 669,03 m², por lo que el coste total de la medida es de 3.345,15€.

El ahorro energético total que se produce al remplazar las lámparas del edificio completo es de 3973,29 kWh/año.



Figura 2.5.6: Lámpara LED ^[25]

Mientras que el consumo de iluminación se ha reducido en 4961,51 kWh/año, el consumo de calefacción ha aumentado en 986,92 kWh/año. Este valor tan elevado del aumento del consumo de calefacción nos da una idea de la cantidad de energía calorífica que desprenden las lámparas incandescentes y del aumento de temperatura que provocan en los espacios.

Tabla 2.5.7: Ahorro energético lámparas LED ^[12]

INVERSIÓN TOTAL (€)	AHORRO ENERGÉTICO (kWh año)	INV./AHORRO (€/kWh año)
3345,15 €	3973,29	0,841

La tasa de rentabilidad de esta medida es la más baja todas las mejoras con 0,841 €/kWh año y el período de amortización de la inversión dedicada a la renovación de las lámparas es de 10 años.

2.5.5 CLARABOYAS DE CAPTACIÓN LUMÍNICA

La bóveda celeste presenta valores de iluminancia más elevados cuando se aproximan al zenit. En consecuencia, la obtención de iluminación natural es mayor cuando la luz captada proviene de aberturas orientadas al zenit.

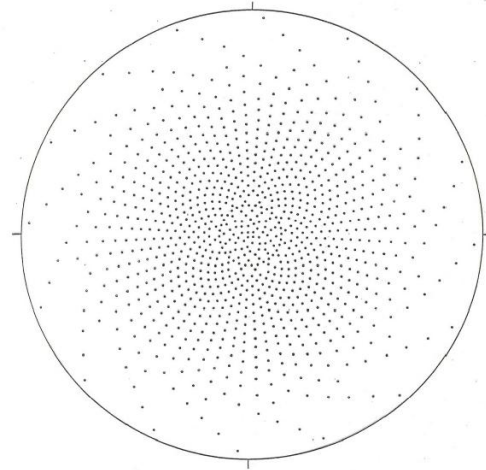
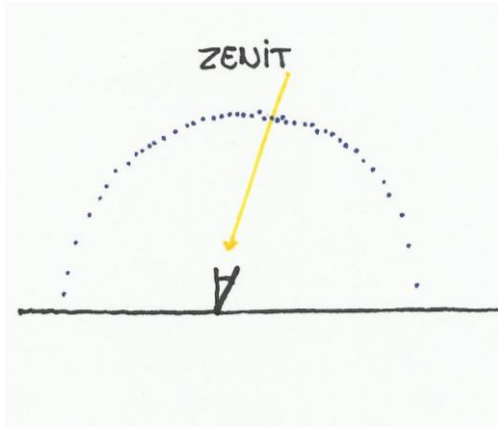


Figura 2.5.7 y 2.5.8: Distribución luminancias bóveda celeste ^[12]

La siguiente solución se trata de realizar perforaciones en la cubierta plana de grava de la ampliación, en forma de tragaluz practicable dispuestos a lo largo del pasillo de planta primera.

Además también se ha realizado una abertura en el techo de PB de forma que la luz que entra por las claraboyas también llegue a la planta baja.

Con esta medida se busca obtener una reducción en el consumo de iluminación artificial, aprovechando la iluminación natural.

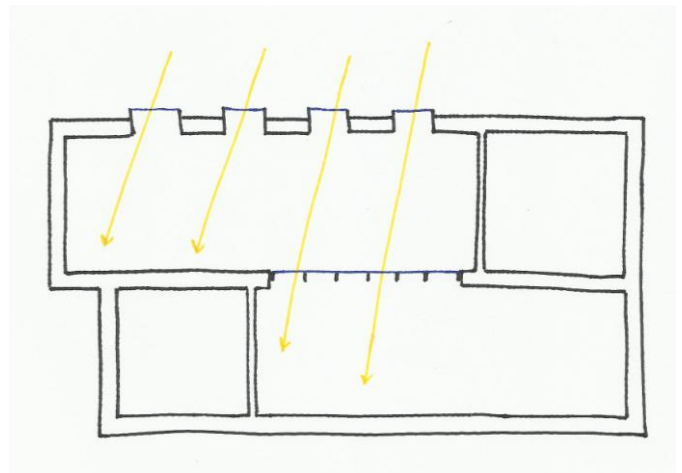


Figura 2.5.9: Propuesta de claraboyas ^[12]

Durante los meses más calurosos la radiación incide más perpendicularmente a la cubierta. Las claraboyas representan entonces un punto importante de paso de la radiación.

Para evitar el calentamiento del espacio, las claraboyas permiten su apertura, para la evacuación del aire caliente acumulado en la parte superior del pasillo.

También disponen de cortinas de protección solar, que reducen la radiación recibida por el espacio interior.

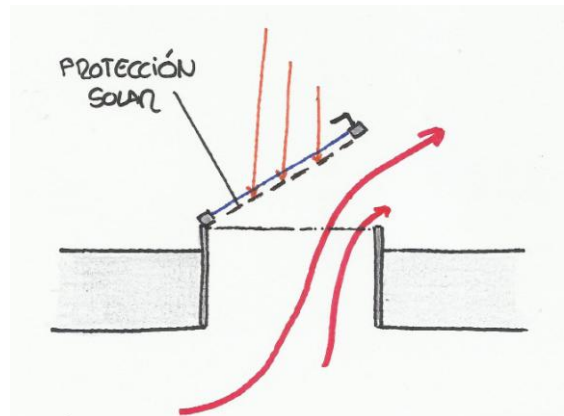


Figura 2.5.10: Situación de verano ^[12]



Figura 2.5.11: Sección longitudinal claraboyas pasillo ^[16]

Cada unidad de claraboya prefabricada tiene un precio de 1081,23 €/Ud. y el precio total de la abertura realizada en el techo de PB es de 912,18 €. El presupuesto se detalla en el Anejo D.

Tabla 2.5.8: Ahorro energético de las claraboyas ^[12]

INVERSIÓN TOTAL (€)	AHORRO ENERGÉTICO (kWh año)	INV./AHORRO (€/kWh año)
5.217,66 €	515,86	10,11

Se ha producido un ahorro energético en iluminación de 685,18 kWh año que se concentran en los meses de verano. Durante el verano existen más horas de iluminación natural durante el día que durante el invierno.

Sin embargo, el consumo de calefacción ha aumentado un total de 168,59 kWh, debido a que la superficie acristalada en contacto con el exterior ha aumentado en 4 m², con un aumento de las pérdidas de calor a través de los vidrios de 2.757,69 kWh.

En situación de verano se ha conseguido aumentar el valor medio de las ren./h en 2,5 puntos, con lo que se obtiene una pérdida de calor de los meses de julio y agosto de 206,00 y 255,56 kWh respectivamente.



Figura 2.5.12: Vista interior zona de estar PB ^[16]

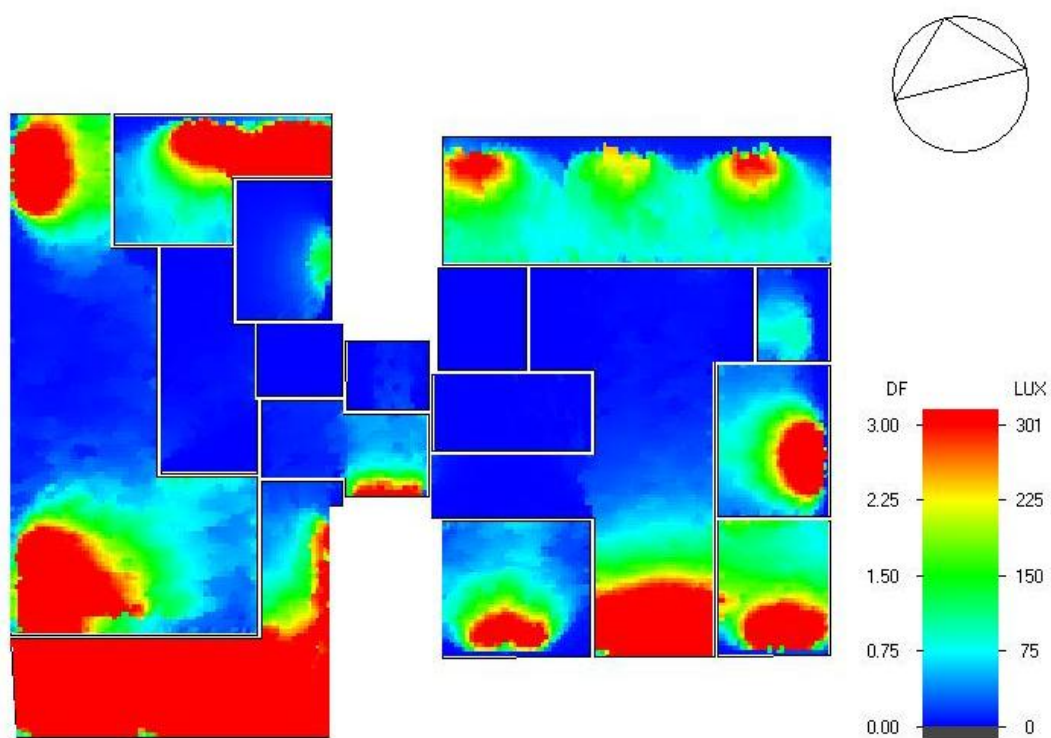


Figura 2.4.13: Mapa lumínico PB sin claraboyas ^[20]

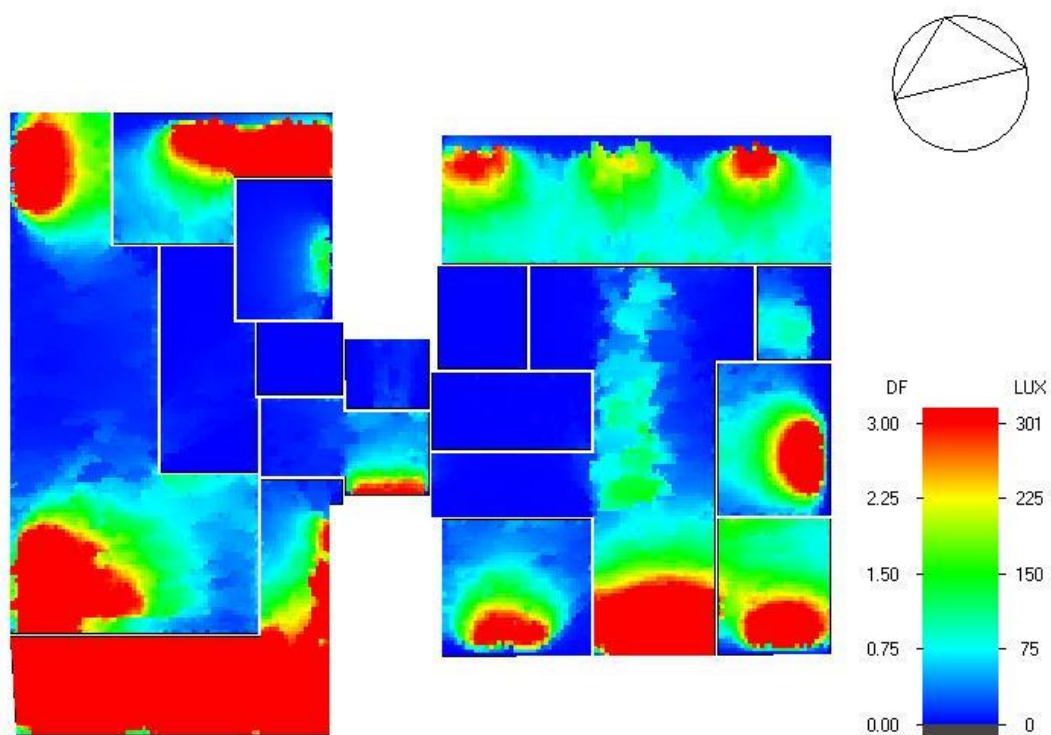


Figura 2.5.14: Mapa lumínico PB con claraboyas ^[20]

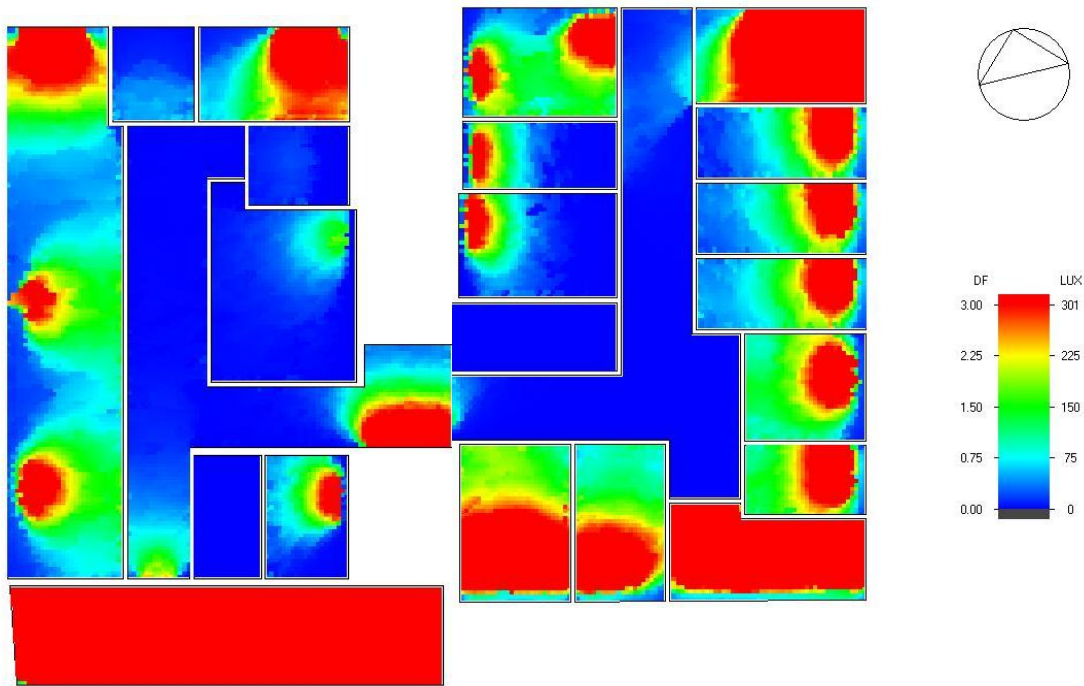


Figura 2.5.15: Mapa lumínico P1 sin claraboyas [20]

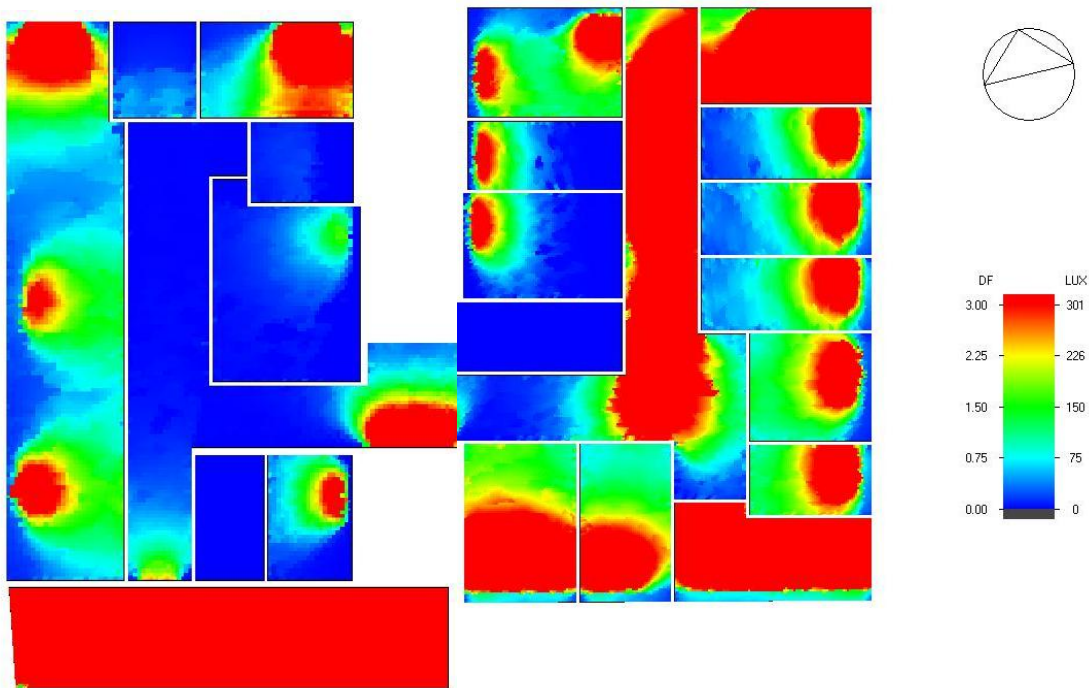


Figura 2.5.16: Mapa lumínico P1 con claraboyas [20]

2.5.6 VENTANAS DE CAPTACIÓN TÉRMICA

La siguiente propuesta consiste en realizar una cubierta inclinada en tres tramos, de forma que se sitúan entre estos tramos unos ventanales que captan la radiación solar en invierno. También se han situado ventanas en la parte superior de los tabiques para permitir que dicha radiación llegue a todas las habitaciones de la ampliación. En situación de verano estas ventanas permiten su apertura para conseguir una mayor ventilación natural.

Se ha realizado esta propuesta para comparar otro sistema de ahorro energético en el cual no se pretenda disminuir la transmitancia térmica de los cerramientos, ya que son las soluciones más comunes.



Figura 2.5.17: Sección, ventanas de captación térmica ^[16]

El objetivo es que el calor se acumule en invierno durante el día en los dormitorios para que durante la noche se encuentren a una temperatura de confort. O se requiera una menor aportación de energía del sistema de calefacción.

Para llevar a cabo esta propuesta es necesario incluir 20 ventanas exteriores con una superficie acristalada total de 20,77 m² y 22 ventanas interiores con una superficie de 26,03 m². La superficie de la cubierta es aproximadamente la misma que la de la cubierta plana, por lo que se supondrá el mismo coste. Además, el volumen de las habitaciones ha aumentado en un total de 107 m³.

Tabla 2.5.9: Presupuesto de las ventanas ^[30]

Ud	Partida	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Ud.	Carpintería de ventanas exteriores	20 ud	360,77€/ud	7.215,40 €
Ud.	Carpintería de ventanas interiores	22 ud	230,97 €/ud	5.081,34 €
m ²	Vidrio simple	25,31 m ²	26,03 €/m ²	658,82 €
m ²	Vidrio doble hoja con cámara de aire	20,77 m ²	37,84 €/ m ²	785,94 €
TOTAL				13.741,50 €

Tabla 2.5.10: Ahorro energético y coste de inversión ^[12]

INVERSIÓN TOTAL (€)	AHORRO ENERGÉTICO (kWh año)	INV./AHORRO (€/kWh año)
13.741,50 €	1.215,78	11,30

Las ganancias solares han aumentado 9.241,96 kWh/año, mientras que las pérdidas por superficies acristaladas lo ha hecho en 2.757,69 kWh/año. A pesar de que el consumo de electricidad se ha visto reducido, el consumo de calefacción ha aumentado en 724,38 kWh/año. Por lo que el gasto de electricidad ha disminuido gracias a que se ha reducido la iluminación en 2.323,96 kWh/año.

Esta mejora genera un aumento de la ventilación natural en los meses de julio y agosto de 7,24 y 6,48 ren/h respectivamente, lo que implica un aumento de las pérdidas de calor de 1.223,66 y 1.191,26 kWh respectivamente. Existe el inconveniente del que aire introducido es aire caliente ya que proviene del sur, debido a la dirección del viento.

En las siguientes imágenes se muestra el cálculo CFD interior donde se puede apreciar esta variación de la ventilación.

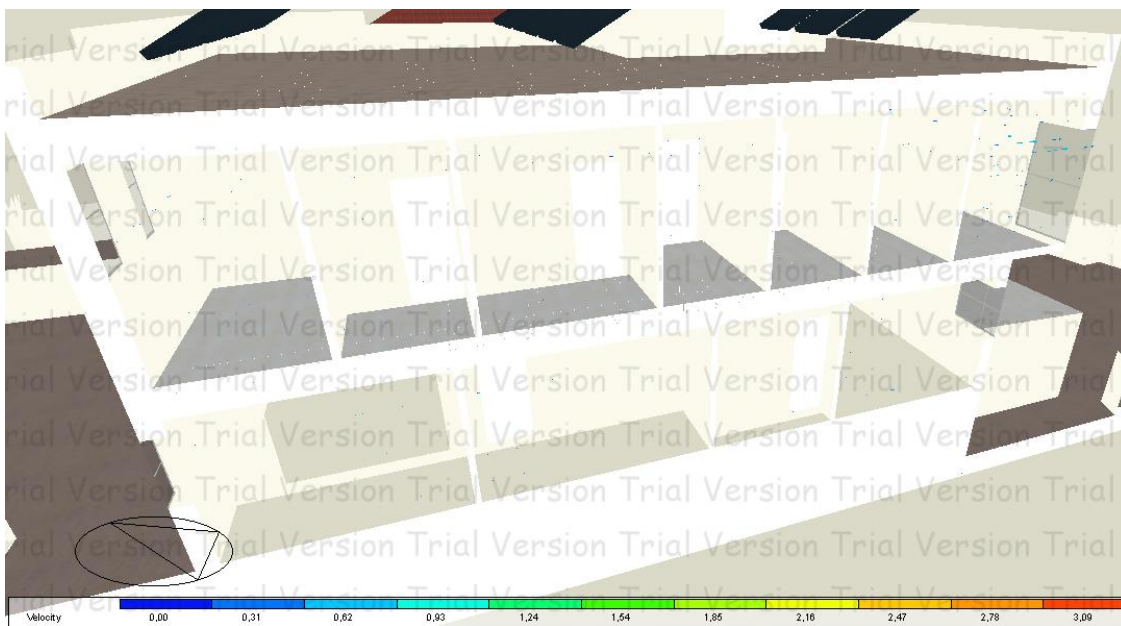


Figura 2.5.18: Ventilación natural sin mejora 15 de julio, 15:00h ^[20]

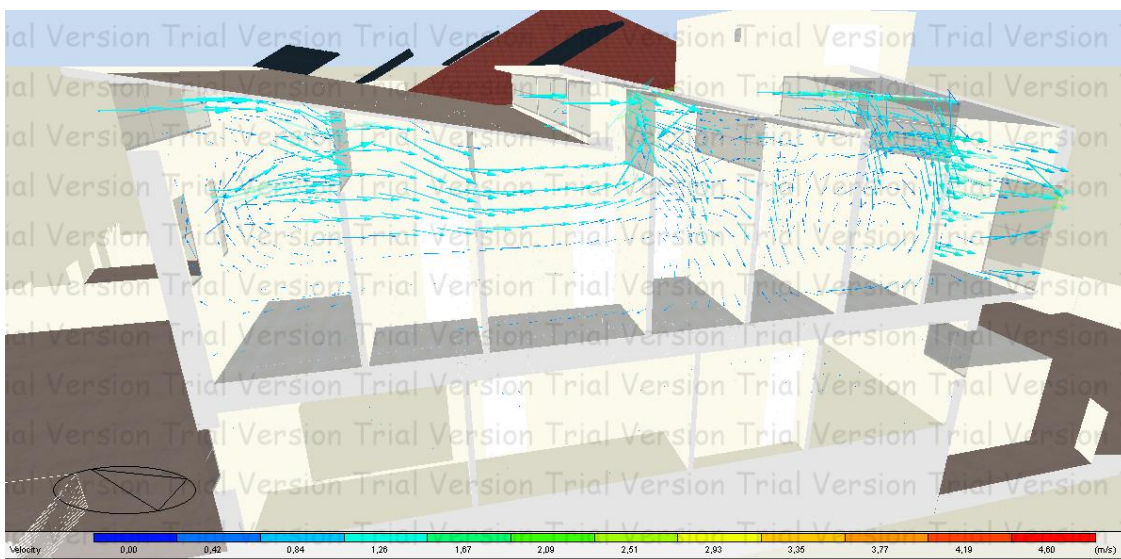


Figura 2.5.19: Ventilación natural con mejora 15 de julio, 15:00h ^[20]

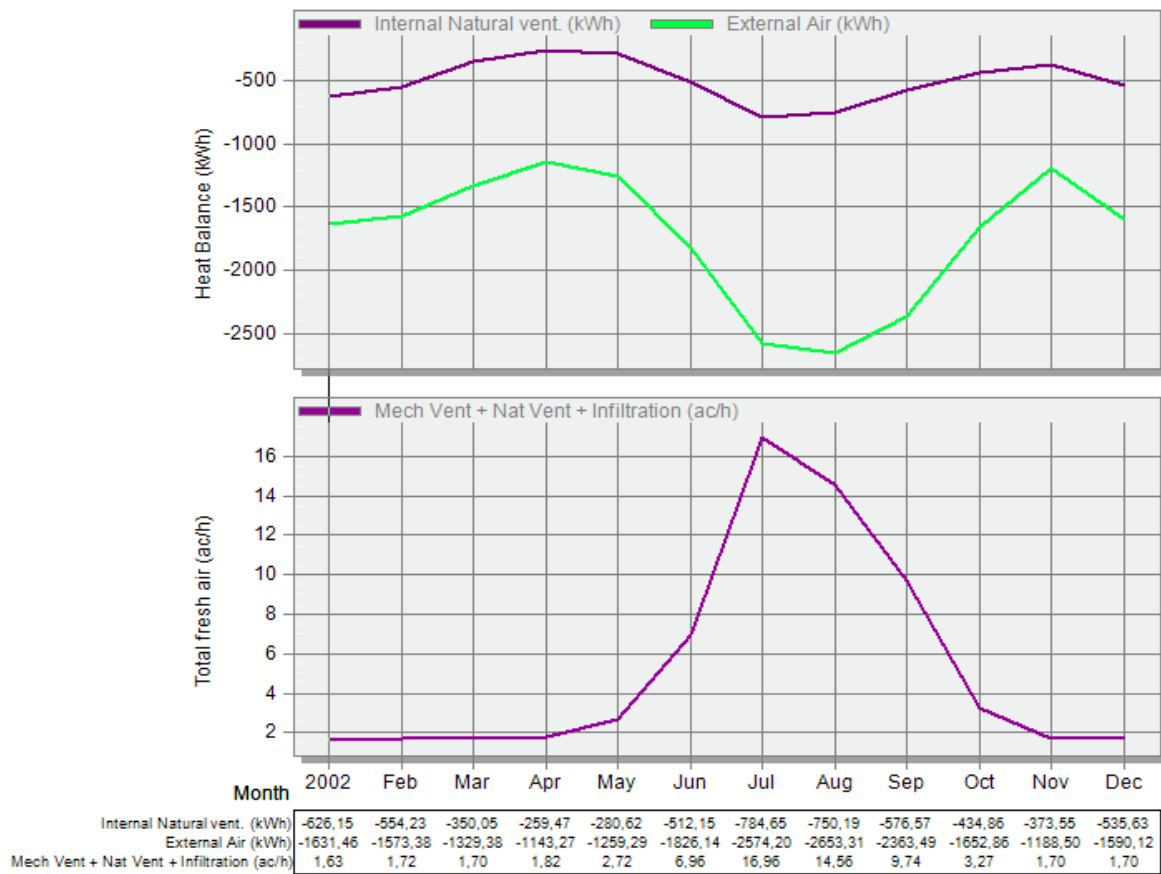


Gráfico 2.5.2: Ventilación natural y pérdidas de calor sin mejora ^[20]

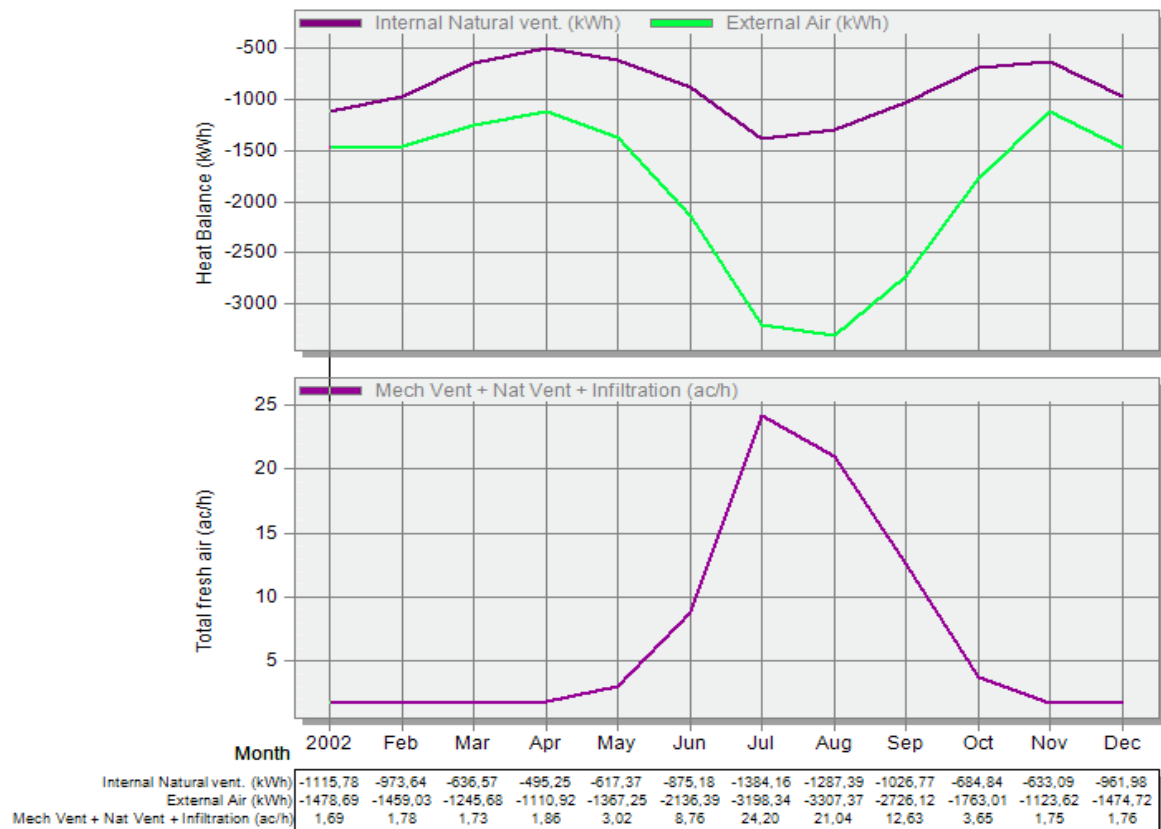


Gráfico 2.5.3: Ventilación natural y pérdidas de calor con mejora ^[20]

2.5.7 VALORACIÓN DE LAS MEJORAS

A continuación se resumen los datos obtenidos. Se va a comparar también el ahorro producido por las placas solares, aunque no forme parte de las de mejoras analizadas.

Tabla 2.5.11: Coste de inversión, ahorro energético y rentabilidad de las mejoras ^[12]

MEDIDA	INVERSIÓN (€)	AHORRO ENERGÉTICO (kWh/año)	RENTABILIDAD (€/kWh año)
PLACAS SOLARES	45330,00	33025,58	1,37
AISLAMIENTO 6 CM	19758,90	5356,19	3,69
8 CM	20785,29	5596,58	3,71
10 CM	22075,80	5779,98	3,82
12 CM	23048,71	5911,09	3,90
INSUFLACIÓN 5 CM	8542,13	4965,41	1,72
CUBIERTA AJARDINADA	3339,29	2881,43	1,16
VENT. BAJA TRANS.	8336,34	390,28	21,36
ILUMINACIÓN LED	3345,15	3973,29	0,84
CLARA. CAPT. LUMÍNICA	5217,66	515,86	10,11
VENT. CAPT. TÉRMICA	13741,50	1215,78	11,30

Tal como se observa en el gráfico 2.5.3, la inversión más rentable a realizar es la sustitución de las lámparas actuales por unas de tipo LED. Seguido por la situación de una cubierta ajardinada en lugar de la cubierta de grava proyectada inicialmente.

INVERSIÓN/AHORRO (€/kWh año)

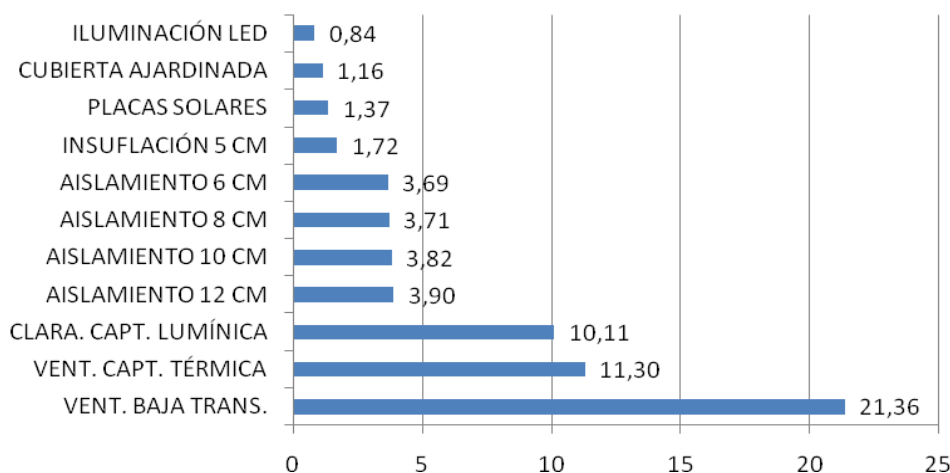


Gráfico 2.5.3: Mejoras de ahorro energético, ordenadas por rentabilidad ^[12]

Se puede apreciar como las medidas que incluyen modificar, incorporar o substituir algún tipo de carpintería o vidrios, son las mejoras de ahorro energético menos rentables. Esto se debe al elevado precio que comportan. En lo que respecta a la cantidad de ahorro energético, los paneles solares se encuentran en el primer lugar con diferencia respecto al segundo que es el aislamiento por el exterior de 12 cm. A pesar de ello, la instalación solar es la inversión más elevada mientras que la cubierta ajardinada es la más barata.

Con estos datos, se puede afirmar que las intervenciones que más favorecen a los propietarios de la Residencia Barcino y sus residentes son la sustitución de la iluminación por una de tipo LED, la integración de una cubierta ajardinada y la insuflación de aislamiento en las fachadas existentes.

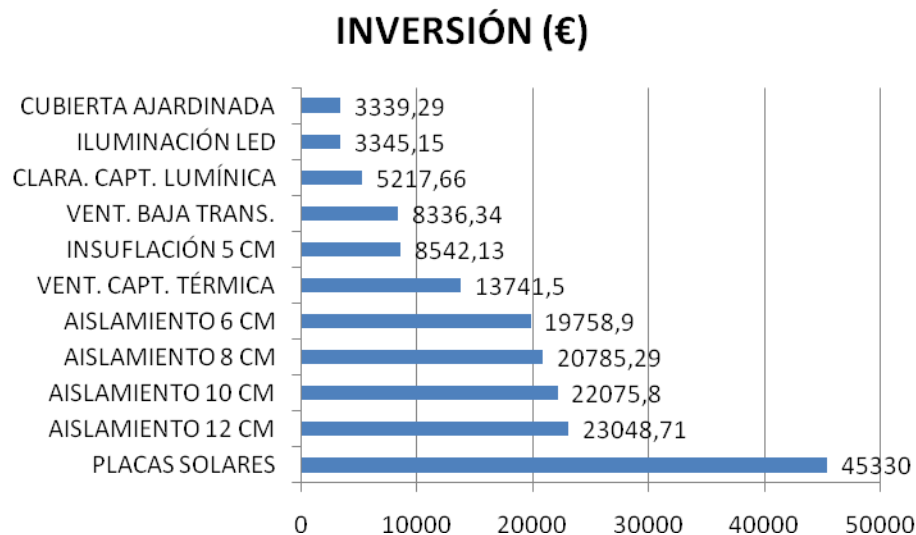


Gráfico 2.5.4: Mejoras de ahorro energético, ordenadas por inversión inicial ^[12]

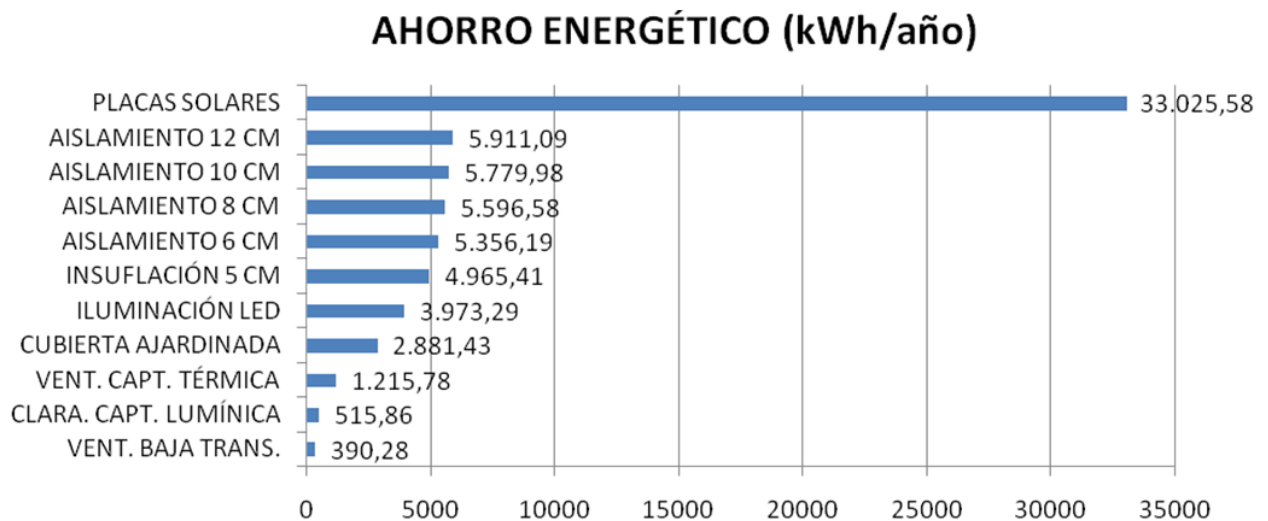


Gráfico 2.5.5: Mejoras de ahorro energético, ordenadas por ahorro de electricidad ^[12]

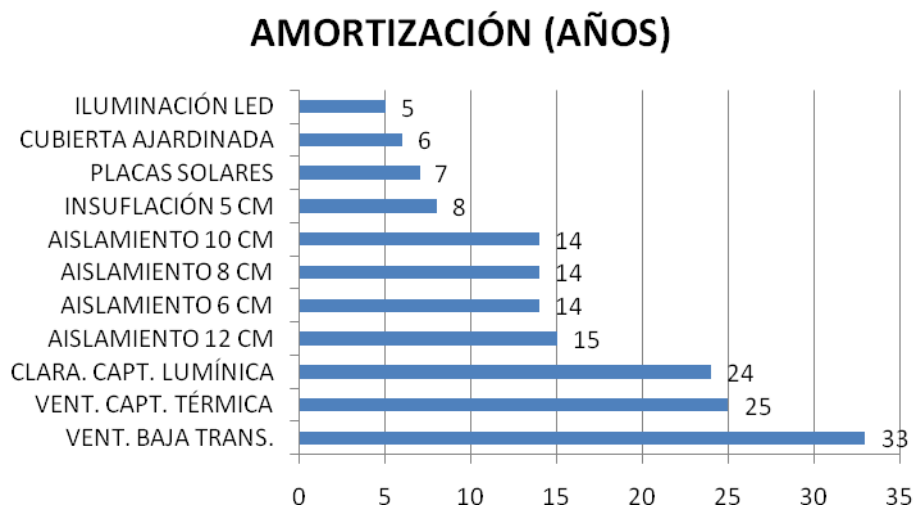


Gráfico 2.5.6: Mejoras de ahorro energético, ordenadas por tiempo de amortización ^[12]

La mejora con la cual la inversión sería recuperada en un menor plazo de tiempo sería la iluminación LED, seguida por la cubierta ajardinada y la instalación de paneles solares con 5,6 y 7 años respectivamente.

2.5.8 PROPUESTA DE CONJUNTO DE MEJORAS

Tras haber valorado las diferentes medidas de ahorro energético posibles individualmente, se va a seleccionar el grupo de medidas más rentables para recomendar a la Residencia Barcino.

Si se realiza la simulación energética aplicando varias mejoras al mismo tiempo los resultados de ahorro energético que se obtienen no equivalen a la suma de los ahorros producidos por cada mejora aplicada individualmente.

Cuando se aplica una mejora y se consigue reducir el consumo, la siguiente mejora que se aplique tendrá un valor de ahorro menor, ya que se aplica sobre un consumo ya reducido.

El grupo de mejoras seleccionadas es el siguiente:

- Cubierta ajardinada en la ampliación.
- Rehabilitación energética de fachadas existentes mediante insuflación de aislamiento en la cámara de aire de 5 cm.
- Substitución de bombillas incandescentes y fluorescentes por tipo LED.

Tabla 2.5.12: Ahorro energético individual y coste económico ^[12]

MEDIDA	AHORRO ENERGÉTICO (kWh/año)	COSTE ECONÓMICO (€)
Cubierta ajardinada	2881,43	3339,29
Insuflación de aislamiento	4965,41	8542,13
Lámparas LED	3973,29	3345,15
TOTAL	11820,13	15226,57

Si se realiza la suma de ahorro energético total de las medidas propuestas, se obtiene un resultado de ahorro energético total 11.820,13 kWh/año.

Sin embargo, tras realizar la simulación energética con el conjunto de todas las mejoras se obtiene un ahorro energético de **10.399,02 kWh/año**. Lo que supone una diferencia de 1.421,11 kWh/año respecto a la simulación individual de cada mejora. El consumo anual del edificio con las mejoras sería de 23.757,17 kWh/año, es decir, de **35,51 kWh/m² año**.

El coste económico total de la inversión sería de 15.226,57 €, con un tiempo de amortización de 7 años.

Tabla 2.5.13: Amortización de la inversión del conjunto de mejoras ^[12]

AÑO	PRECIO kWh	AHORRO kWh/año	AHORRO €	AHORRO ACUMULADO €	AMORTIZACIÓN €
0					-15226,57
1	0,17	10399,02	1748,08	1748,08	-13478,49
2	0,18	10399,02	1879,53	3627,61	-11598,96
3	0,19	10399,02	2020,87	5648,48	-9578,09
4	0,21	10399,02	2172,84	7821,32	-7405,25
5	0,22	10399,02	2336,24	10157,56	-5069,01
6	0,24	10399,02	2511,92	12669,48	-2557,09
7	0,26	10399,02	2700,82	15370,30	143,73
8	0,28	10399,02	2903,92	18274,22	3047,65
9	0,30	10399,02	3122,30	21396,52	6169,95
10	0,32	10399,02	3357,09	24753,61	9527,04

2.6 ANÁLISIS ENERGÉTICO DE LA DISTRIBUCIÓN

No únicamente los sistemas constructivos o las superficies acristaladas afectan al consumo energético de los espacios. La orientación de los espacios o su posición respecto a otros espacios es un factor decisivo en la demanda de energía. Las ganancias solares y el intercambio de calor entre los espacios, puede variar si se cambia la distribución de los espacios.

La modificación de la posición de los espacios como estrategia de ahorro de energía espacios forma parte de los principios de la arquitectura bioclimática. Consiste en encontrar la posición óptima para cada espacio, de forma que el conjunto del edificio sea más eficiente.

2.6.1 DETERMINACIÓN DE LA POSICIÓN ÓPTIMA DE LOS ESPACIOS

Con la finalidad de encontrar la orientación más favorable para cada tipo de espacio de la Residencia Barcino se han elaborado modelos simplificados para realizar pruebas.

Estos modelos tienen dos espacios de misma volumetría (1.067m^3), disposición de ventanas, tipologías constructivas e instalaciones. La única diferencia reside en los horarios de uso y de calefacción. El primer espacio es una zona de día (sala de estar) y el segundo una zona de noche (dormitorio).

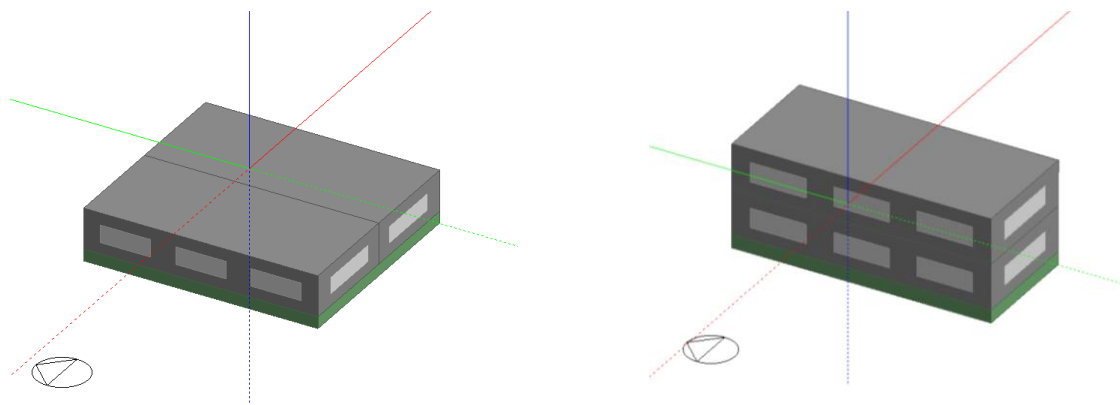


Figura 2.5.20: Modelos simplificados ^[20]

Tabla 2.6.1: Comparación del consumo de electricidad ^[20]

	Electricidad	Iluminación	Calefacción	Refrigeración	TOTAL
Zona de día este	3938,24 kWh	3461,38 kWh	3971,57 kWh	5638,21 kWh	17009,39 kWh
Zona de día oeste	3937,88 kWh	3309,72 kWh	4102,46 kWh	5658,44 kWh	17008,49 kWh
Diferencia	0,36 kWh	151,66 kWh	-130,89 kWh	-20,23 kWh	0,90 kWh

Tabla 2.6.2: Comparación del consumo de electricidad ^[20]

	Electricidad	Iluminación	Calefacción	Refrigeración	TOTAL
Zona de día P1	3800,51 kWh	3001,58 kWh	3455,65 kWh	7480,36 kWh	17738,10 kWh
Zona de día PB	3800,51 kWh	3013,53 kWh	10751,79 kWh	9953,14 kWh	27518,97 kWh
Diferencia	0,00 kWh	11,96 kWh	7296,13 kWh	2472,78 kWh	9780,87 kWh

Realizando el cambio de orientación este - oeste de los espacios no se ha obtenido ninguna diferencia de consumos de electricidad significativa. En el caso de situar la zona de día en la parte superior se obtiene una mejora de 9780,97 kWh respecto a situar el mismo espacio en la planta inferior.

2.6.2 CAMBIO DE DISTRIBUCIÓN DEL PROYECTO

En el proyecto de ampliación y reforma la planta baja del edificio está dedicada principalmente a zonas de uso diurno mientras que la planta primera la forman dormitorios y baños. Esta distribución responde a exigencias funcionales. Situar la zona de día en la planta baja permite que se pueda acceder con mayor facilidad desde el exterior sin necesidad de subir un nivel.

Por otra parte, también responde a criterios acústicos, ya que al situar los dormitorios en la planta primera no reciben las vibraciones de impacto que si estuvieran debajo de una zona de día.

Tabla 2.6.3: Clasificación zonas diurnas y nocturnas ^[12]

	Horario de uso	Tipo de Zona
Administración	09:00 - 14:00h 16:00 - 20:00h	Zona diurna
Baños	09:00 - 22:00h	Zona diurna
Cocina	08:00 - 22:00h	Zona diurna
Dormitorios	22:00 - 09:00h	Zona nocturna
Enfermería / Fisioterapia	09:00 - 20:00h	Zona diurna
Salas De Estar / Comedor	09:00 - 20:00h	Zona diurna
Zonas de paso	09:00 - 20:00h	Zona diurna
Sala de Instalaciones	-	-

Tabla 2.6.4: Distribución del proyecto ^[12]

Planta	Zonas diurnas	Zonas nocturnas
Planta Técnica	61,80 m ³ (40,34%)	91,39 m ³ (59,66%)
Planta Baja	600,82 m ³ (84,23%)	112,49 m ³ (15,77%)
Planta Primera	363,66 m ³ (45,98%)	427,17 m ³ (54,02%)

Aunque la distribución de los espacios se encuentra justificada, los resultados obtenidos en el apartado 2.6.1 indican una reducción del consumo de energía si se sitúan los espacios diurnos en la parte superior del edificio.

Para comprobar qué valores de ahorro se podrían llegar a obtener en la residencia, se han intercambiado los espacios de planta baja por los de la planta primera. Manteniendo las superficies y los volúmenes originales. También se han mantenido las tipologías constructivas en la planta primera.

Realizando únicamente este cambio de distribución se obtiene una reducción del consumo eléctrico anual de 3.218,14 kWh/año. El coste de este cambio se considera nulo, ya que únicamente depende del posicionamiento de los espacios y es una elección que se realiza en el proyecto sin repercusión en el coste.

El edificio final que incluye las mejoras de ahorro energético y el cambio de distribución tiene un consumo unitario de **30,70 kWh/m² año**. Que supone una reducción del 39,82% del consumo unitario de electricidad respecto al edificio proyectado inicialmente por el estudio de arquitectura.

3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con la realización de este trabajo se ha podido comprobar la realidad actual de los edificios en aspectos energéticos. Las primeras exigencias térmicas de los cerramientos no han aparecido hasta el año 1979, con unos requisitos poco restrictivos. No ha sido hasta el año 2006 con la introducción del CTE-HE que los niveles de transmitancia se han endurecido.

Por lo que una gran parte del parque edificatorio actual está mal aislado o no tiene aislamiento. En consecuencia el potencial de ahorrar energía en los edificios poco aislados es elevado. Simplemente con la disposición de aislamientos se puede llegar a reducir en gran parte el consumo energético.

El estado actual de la Residencia Barcino, que no dispone de red canalizada de gas, revela el inconveniente que comporta la construcción de edificios en forma de urbanizaciones. Ya que las redes de suministros son mucho más extensas para abastecer a un menor número de habitantes. Este problema desaparecería si estos edificios aislados fueran energéticamente independientes y no necesitasen suministros canalizados.

Análisis energético del estado actual

Se ha podido observar como una residencia de ancianos donde el confort térmico y la renovación del aire interior deberían de estar asegurados, únicamente dispone de un sistema de radiadores eléctricos móviles. Y tras el estudio energético realizado mediante DesingBuilder sobre el estado actual de la Residencia Barcino se ha podido observar:

El consumo de electricidad del año 2014, obtenido de la facturación de la Residencia, se encuentra en $38,60 \text{ kWh/m}^2$ año, mientras que los resultados obtenidos en la simulación energética han sido de $120,78 \text{ kWh/m}^2$ año. Esto significa que las exigencias de confort que se han introducido en el programa no se corresponden con las de la realidad.

Tras diversas pruebas se ha podido obtener un consumo cercano al valor actual de $38,60 \text{ kWh/m}^2$. Para ello ha sido necesario eliminar la ventilación mecánica, reduciendo los valores de renovaciones de aire a los mínimos producidos por las infiltraciones. Además de eliminar el sistema de calefacción en las zonas de paso y los baños. Con lo que se ha obtenido un consumo unitario de $39,42 \text{ kWh/m}^2$ año.

Se puede concluir en este apartado que actualmente el consumo de la Residencia es un 68,04% menor que el teórico, debido a que no se cumplen las exigencias de confort mínimas.

Análisis energético del edificio proyectado

En el análisis energético realizado al proyecto de reforma y ampliación propuesto por el estudio de arquitectura, se ha obtenido un valor unitario de consumo de electricidad de $51,05 \text{ kWh/m}^2$ año. Dado que el estudio se ha realizado con los valores de las exigencias de confort mínimas establecidas inicialmente, este consumo debe ser comparado con el consumo teórico del edificio existente de $120,78 \text{ kWh/m}^2$ año.

Gracias a la construcción de la cubierta de grava con aislamiento, las fachadas con aislamiento exterior y la instalación de las placas solares térmicas, se ha conseguido reducir el valor de consumo de electricidad unitario en un 57,77%.

La mayor parte de este ahorro proviene de la instalación de las placas solares térmicas que reducen el consumo de electricidad del edificio en un total de 33.025,60 kWh/año.

Estudio de los dispositivos de protección solar

En el estudio de las protecciones solares, se ha podido concluir que los dispositivos de protección solar del proyecto inicial no cumplían con su función de proteger de la radiación solar en verano. El correcto diseño de estos dispositivos no tiene ningún coste económico y repercute directamente en el confort del espacio interior.

Se ha comprobado que los dispositivos de protección solar óptimos para la fachada sur son voladizos de lamas inclinadas 30° (dirección de la radiación en invierno). Además de un conjunto de lamas verticales, para proteger las ventanas más externas del voladizo de la radiación de las horas de la tarde y de la mañana durante el verano.

En las fachadas este y oeste se ha estudiado la disposición de un sistema fijo de lamas sin éxito. Por ello se ha concluido que la mejor opción es la colocación de contraventanas corredizas de lamas orientables. Que permiten obtener la mayor cantidad de radiación en invierno y evitarla completamente en verano.

Propuestas de mejoras de ahorro energético

Las medidas de ahorro energético se han dirigido a reducir el consumo de calefacción y el consumo de iluminación, ya que forman el 77,54% del consumo total eléctrico.

Analizando las diferentes mejoras de ahorro de energía se ha podido observar que los sistemas de aislamientos térmicos de muros y la cubierta ajardinada representan una mejor inversión que la sustitución de los vidrios genéricos por unos de baja transmitancia.

La medida de ahorro con mejores resultados ha sido la utilización de lámparas de tipo LED en sustitución de las incandescentes y las fluorescentes.

Se recomienda a la Residencia Barcino (conociendo el reducido presupuesto del que disponen) que se aplique el conjunto de mejoras formado por:

- Substitución de las lámparas incandescentes y fluorescentes por tipo LED.
- Construcción de una cubierta ajardinada en lugar de una invertida de grava.
- Insuflación de aislamiento térmico en las cámaras de aire de las fachadas existentes.

Este conjunto de mejoras con un coste de inversión de 15.226,57 € produce un ahorro energético anual de 10.399,02 kWh, es decir un 30,45% respecto al edificio proyectado inicialmente. Lo que representaría un ahorro en electricidad el año 2016 de 1.748,08 €. Y el total de la inversión sería recuperado en 7 años, produciendo unos beneficios de 9.527,04 € después de 10 años de la reforma.

Análisis energético de la distribución

En la última parte del trabajo se ha verificado la importancia de la distribución de los espacios en los edificios.

Y se recomienda finalmente al estudio de arquitectura la situación de los espacios de uso diurno en la planta primera y los de uso nocturno en la planta baja, ya que de esta forma se consigue reducir el consumo en calefacción.

Suponiendo que se realice el intercambio de la distribución de espacios de planta baja por la de planta primera, se consigue reducir el consumo anual de electricidad en 3.218,14 kWh. Más rentable que cualquier otra mejora, ya que no supone ningún coste de inversión.

4 BIBLIOGRAFÍA

Datos estadísticos

- [1] Demografía catalana 2014 por sexos y grupos de edad. IDESCAT. [Consulta: 16 Agosto 2015]. Disponible en: <http://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=253&lang=es>
- [2] Datos climáticos de Vallirana. "Servei meteorològic de Catalunya". [Consulta: 21 Marzo 2015]. Disponible en: <http://www.meteo.cat/wpweb/climatologia/serveis-i-dades-climatiques/anuaris-de-dades-meteorologiques/xarxa-destacions-meteorologiques-automatiques/>
- [3] Facturas de electricidad de la Residencia Barcino, año 2013 y 2014.

Nomativas

- [4] NBE-CT-79 Norma básica sobre las condiciones térmicas de en los edificios. [Consulta: 7 Junio 2015]. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/1979/10/22/pdfs/A24524-24550.pdf>
- [5] Código Técnico de la Edificación. [Consulta: 6 Junio 2015]. Disponible en: <http://www.codigotecnico.org/index.php/menu-documentoscte>
- [6] Reglamento de las Instalaciones Térmicas en los Edificios. [Consulta: 7 Junio 2015]. Disponible en: <http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reglamento/RDecreto-1027-2007-Consolidado-9092013.pdf>
- [7] Pla General d'Ordenació del Vallirana. Ayuntamiento de Vallirana. [Consulta: 27 Marzo 2015]. Disponible en: <http://www.vallirana.cat/ca/pla-general-dordenacio-de-vallirana>
- [8] Decreto 92/2002, de 5 de marzo. Generalitat de Cataluña. [Consulta: 12 Julio 2015]. Disponible en: http://portaljuridic.gencat.cat/ca/pjur_ocults/pjur_resultats_fitxa/?action=fitxa&portalId=1&documentId=276526&newLang=ca_ES

Guías Técnicas

- [9] Guía de ahorro energético en residencias y centros de día. FENERCOM [Consulta: 5 Junio 2015] Disponible en: <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-de-ahorro-energetico-residencias-y-centros-de-dia-fenercom.pdf>
- [10] Guía técnica sobre tecnología LED en el alumbrado. FENERCOM y ANFALUM. [Consulta: 10 Agosto 2015] Disponible en: <http://www.anfalum.com/wp-content/uploads/2015/06/Guia-sobre-tecnologi%CC%81a-LED-en-alumbrado-2015.pdf>
- [11] Guía técnica para la rehabilitación de la envolvente térmica de los edificios. IDAE. [Consulta: 12 Agosto 2015] Disponible en: http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_GUIA_TECNICA_Vidrios_y_ceramiento_v05_2dfc482b.pdf

Figuras, gráficos y tablas

- [12] Esquemas, gráficas o tablas de elaboración propia.
- [13] Imágenes de emplazamiento. Google Maps. [Consulta: 19 Marzo 2015] Disponible en: [<https://maps.google.es/>](https://maps.google.es/).
- [14] Mapas topográficos. [Consulta: 19 Marzo 2015] Disponible en: [<http://es-es.topographic-map.com/>](http://es-es.topographic-map.com/).
- [15] Consulta catastral. [Consulta: 27 Marzo 2015]. Disponible en: [<https://www1.sedecatastro.gob.es/>](https://www1.sedecatastro.gob.es/)
- [16] Renderizados mediante el programa ArchiCAD.
- [17] Mapa climático de catalunya. "Servei Meteorològic de Catalunya" [Consulta: 21 Marzo 2015] Disponible en: [<http://www.meteo.cat/>](http://www.meteo.cat/).
- [18] Plano y superficies de los edificios existentes ArchiCAD.
- [19] Fotografías de la Residencia Barcino, realizadas en la visita del día 27 de abril de 2015.
- [20] Gráficos y tablas obtenidos o elaborados a partir de resultados de simulaciones con DesignBuilder.
- [21] Gráficos obtenidos del cálculo mediante EcoDesignerSTAR.
- [22] Fachada de aislamiento exterior. [Consulta: 21 Agosto 2015] Disponible en: [<http://grupopuma.com/assets/microsites/ahorro-energetico/img/traditerm_big.jpg>](http://grupopuma.com/assets/microsites/ahorro-energetico/img/traditerm_big.jpg)
- [23] Fachadas de aislamiento exterior. [Consulta: 21 Agosto 2015] Disponible en: [<http://www.fachadasgalicia.es/resources/wsb_297x249_fachada+SATE.jpg>](http://www.fachadasgalicia.es/resources/wsb_297x249_fachada+SATE.jpg)
- [24] Cubierta de grava invertida. [Consulta: 21 Agosto 2015] Disponible en: [<http://www.gamma.es/Productos/Materiales-y-herramientas/Aislantes/Cubierta-invertida-de-URSA>](http://www.gamma.es/Productos/Materiales-y-herramientas/Aislantes/Cubierta-invertida-de-URSA)
- [25] Tabique de yeso laminado. [Consulta: 21 Agosto 2015] Disponible en: [<http://www.generadordeprecios.info/imagenes2/psy_100_a1_200_200_F8BFF4C7.jpg>](http://www.generadordeprecios.info/imagenes2/psy_100_a1_200_200_F8BFF4C7.jpg)
- [26] Suelo radiante. [Consulta: 22 Agosto 2015] Disponible en: [<http://www.schuetz.net/schuetz/SCH%C3%9CTZ%20Iberica/es/ENERGY%20SYSTEMS/Inicio/>](http://www.schuetz.net/schuetz/SCH%C3%9CTZ%20Iberica/es/ENERGY%20SYSTEMS/Inicio/)
- [27] Placas solares térmicas. [Consulta: 22 Agosto 2015] Disponible en: [<http://dipingenieria.com/wp-content/uploads/2013/04/Legalizaci%C3%B3n-Instalaci%C3%B3n-Solar-T%C3%A9rmica-Despacho-Ingenieria-Proyectos-DIP.jpg>](http://dipingenieria.com/wp-content/uploads/2013/04/Legalizaci%C3%B3n-Instalaci%C3%B3n-Solar-T%C3%A9rmica-Despacho-Ingenieria-Proyectos-DIP.jpg)
- [28] Cotraventana corrediza de lamas orientables de madera. Tamiluz. [Consulta: 25 Agosto 2015] Disponible en: [<http://www.tamiluz.es/productos/images/P1BIS-Persianas-lamas-orientables-madera-6.jpg>](http://www.tamiluz.es/productos/images/P1BIS-Persianas-lamas-orientables-madera-6.jpg)

- [29] Bombilla tipo LED. [Consulta: 28 Agosto 2015] Disponible en:
<<http://www.unitellux.es/images/bombilla-led-e27-4w-3.jpg>>

Bancos de Precios

- [30] Generador de precios de la construcción, CYPE. [Consulta: 28 Agosto 2015]
Disponible en: <<http://www.generadordeprecios.info/>>
- [31] Banco BEDEC , ITEC. [Consulta: 28 Agosto 2015] Disponible en:
<<http://itec.es/nouBedec.e/bedec.aspx>>

Artículos

- [32] La importancia del aislamiento térmico en la rehabilitación. ANDIMAT. [Consulta: 4 Junio 2015] Disponible en: <<http://www.andimat.es/wp-content/uploads/articulo-gremio-construc-barna-y-comarca1.pdf>>

Manuales

- [33] DesignBuilder . [Consulta: 22 Abril 2015] Disponible en:
<<http://www.designbuilder.es/descargas/documentos>>
<<http://www.designbuilder.co.uk/helpv4.2/>>
- [34] Archicad y Ecodesigner Star. [Consulta: 19 Marzo 2015] Disponible en:
<http://www.graphisoft.es/learning/training_materials/>
<http://www.graphisoft.com/ftp/marketing/edstar/EcoDesigner_STAR_User_Manual.pdf>

Trabajos Final de Grado

- [35] Wilson Jaime Medina Caballero, Estrategia de ahorro energético del IES Bellulla a través de Revit y DesignBuilder. Directores: Antoni Caballero Mestres, Licinio Alfaro Garrido. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, 2015.

5 AGRADECIMIENTOS

Finalmente me gustaría dar las gracias al profesorado de la EPSEB por la calidad de la enseñanza, y por haberme formado como técnico aportándome sus conocimientos a lo largo de cada una de las asignaturas.

Quiero dar las gracias al director del proyecto Antoni Caballero Mestres y al codirector Licio Alfaro Garrido, que me han orientado en la realización del trabajo y me han ayudado a resolver las dudas que se me han ido presentando a lo largo del proyecto.

También quiero agradecer al estudio de arquitectura Arquivall que me diera la opción de realizar un practicum sobre un proyecto real en el cual están trabajando. El tiempo de prácticas me ha servido para aprender en profundidad sobre el mundo laboral del sector para el cual me he formado.

Por último quiero agradecer al resto de personas que me han acompañado durante la duración de este grado, a mis compañeros de estudios por la ayuda recibida para avanzar en la carrera, a mi familia por darme la posibilidad de realizar un grado y por el apoyo que siempre me han dado para seguir adelante y a mis amigos y mi pareja por estar a mi lado en los momentos que los he necesitado.

6 CONTENIDO DEL CD

1 - DOCUMENTOS PDF

Resumen (.pdf)
Proyecto Final de Grado completo (.pdf)
Traducción tercera lengua (.pdf)

2- TABLAS EXCEL

Datos climáticos de Vallirana 2007-2013 (.xlsx)
Resultados de consumos totales y cálculo de amortización (.xlsx)
Resultados de consumos desglosados (.xlsx)
Resultados de ventilación (.xlsx)
Resultados de ganancias solares (.xlsx)
Resultados de pérdidas y ganancias a través de cerramientos (.xlsx)
Resultados de temperaturas (.xlsx)

3 - OTROS ARCHIVOS

Estado actual de la Residencia en DesignBuilder consumo teórico (.dsb)
Estado actual de la Residencia en DesignBuilder consumo ajustado (.dsb)
Proyecto de la Residencia en DesignBuilder (.dsb)
Proyecto de la Residencia en Archicad (.pla)

3.1 - DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN SOLAR

Archivo simulado de las protecciones solares en DesignBuilder (.dsb)

3.2 - PROPUESTAS DE AHORRO ENERGÉTICO

Archivos simulados de cada mejora en DesignBuilder (.dsb)

3.3 - CAMBIO DE DISTRIBUCIÓN

Pruebas de distribución en DesignBuilder (.dsb)
Archivo edificio con cambio de distribución en Designbuilder (.dsb)

7 ANEJOS

ANEJO A - INSTALACIÓN DEL PROYECTO EN DESIGNBUILDER

ANEJO B - CÁLCULO DE LA VENTILACIÓN NATURAL EN DESIGN BUILDER

ANEJO C - DIMENSIONADO Y PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN SOLAR

ANEJO D - PRESUPUESTO DE CLARABOYAS DE CAPTACIÓN LUMÍNICA

ANEJO E - PERÍODOS DE RETORNO DE LA INVERSIÓN

ANEJO F - APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES

ANEJO A - INSTALACIÓN DEL PROYECTO EN DESIGNBUILDER

Para obtener los datos más cercanos posibles a la realidad en la simulación energética mediante DesignBuilder se han creado las instalaciones del edificio en el método de HVAC detallado en el cual es posible dibujarlas.

El edificio antiguo únicamente disponía de un conjunto de radiadores eléctricos, que se han mantenido en el edificio nuevo, pero se ha añadido un sistema de calefacción por suelo radiante a la ampliación, además de un circuito solar con 21 paneles solares térmicos.

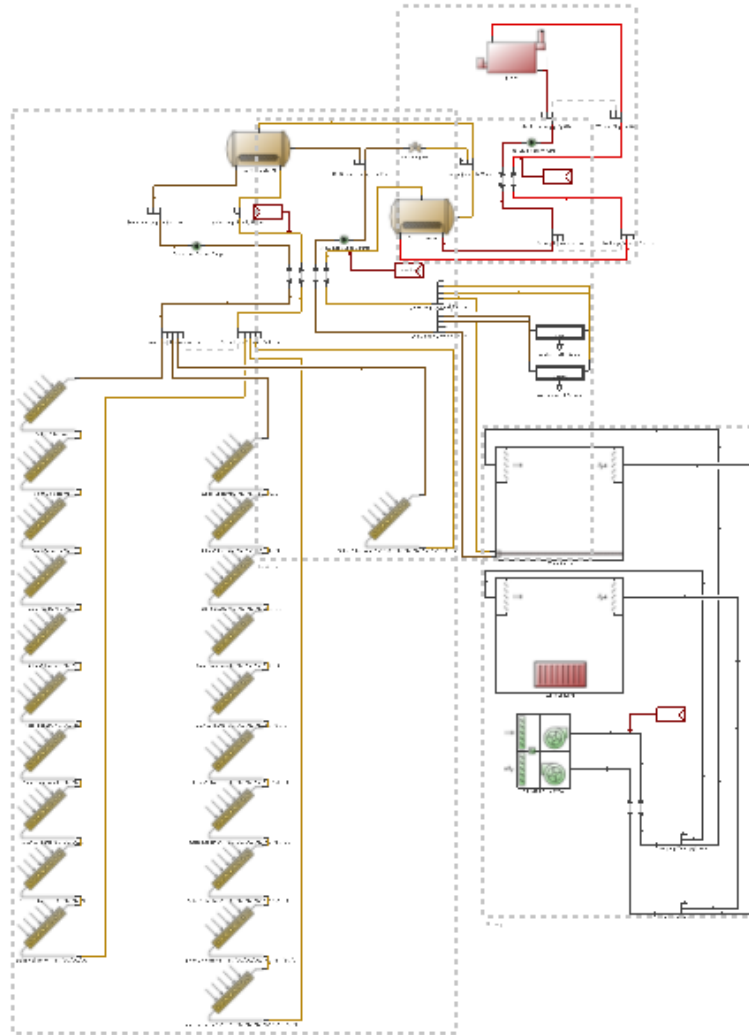


Figura A.1: Instalación completa del edificio proyectado

Para situar dos tipos de sistemas de calefacción diferentes se han creado dos grupos de zonas diferentes unas con el sistema de suelo radiante y otras con el antiguo de radiadores eléctricos.

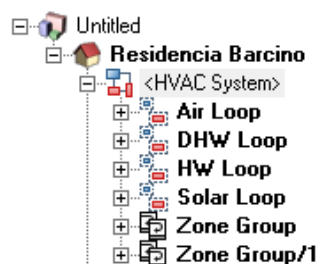


Figura A.2: Partes de la instalación

Los paneles solares han sido creados a partir de la barra de herramientas de Design Builder, donde existe la opción de situar paneles solares térmicos o fotovoltaicos.

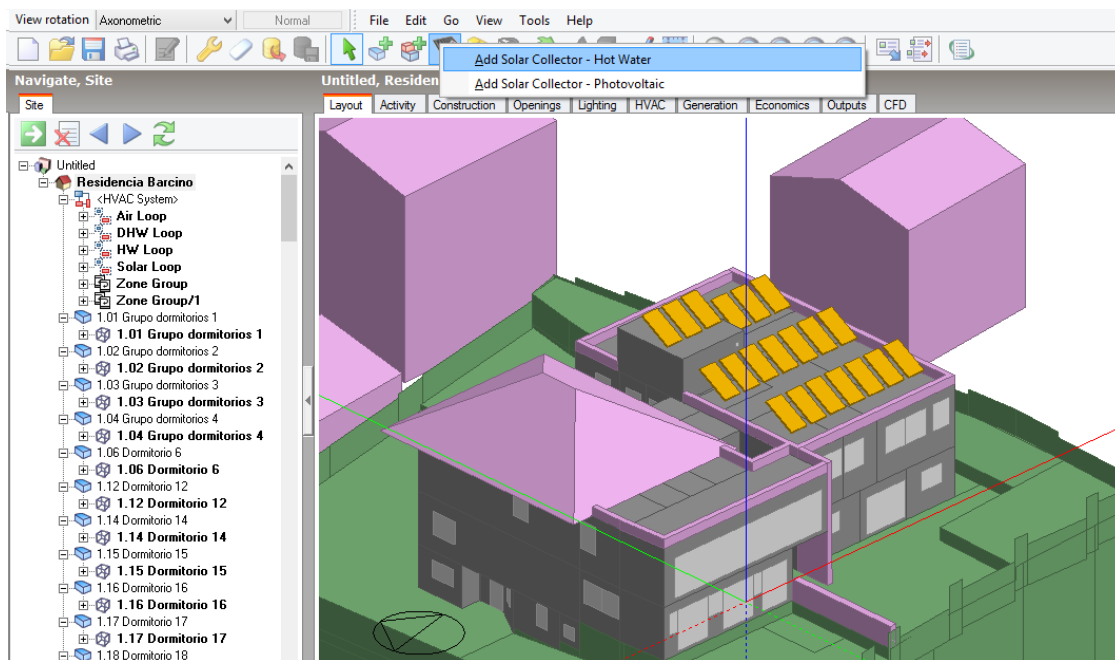


Figura A.3: Visualización de los paneles solares Design Builder

Para elaborar la instalación completa del edificio se han utilizado las diferentes plantillas predefinidas por el programa, adecuándolas al edificio objeto. La plantilla de la instalación solar térmica con placas solares, únicamente incorpora un panel solar por lo que se han añadido los 20 paneles restantes. Conectados de 10 en 10 ya que es el máximo permitido.

La plantilla tampoco dispone de salidas de ACS, esta parte de la instalación ha sido añadida, ya que de no ser así los paneles solares únicamente alimentarían el sistema de calefacción de suelo radiante.

Es necesario crear una salida de ACS para cada tipo de espacios según el horario de consumo. Los espacios con consumo de ACS en la residencia se dividen en baños y cocina.

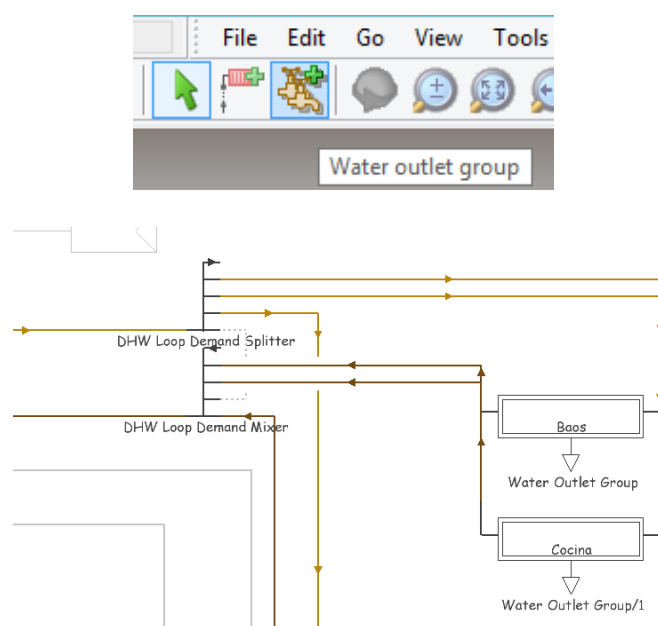


Figura A.4: Instalación de ACS Design Builder

ANEJO B - CÁLCULO DE LA VENTILACIÓN NATURAL EN DESIGN BUILDER

Ya que en el edificio del proyecto no se va a disponer de un sistema de refrigeración, se ha realizado el cálculo de la ventilación natural, para verificar el comportamiento de las mejoras y observar sus efectos en la temperatura interior.

Con la finalidad de obtener un cálculo más exacto y para poder obtener datos sobre la ventilación natural del edificio en función de las aberturas y el viento, se ha optado por utilizar el sistema de ventilación natural calculada que permite realizar DesignBuilder. Esta opción se configura en la ventana de opciones de modelo.

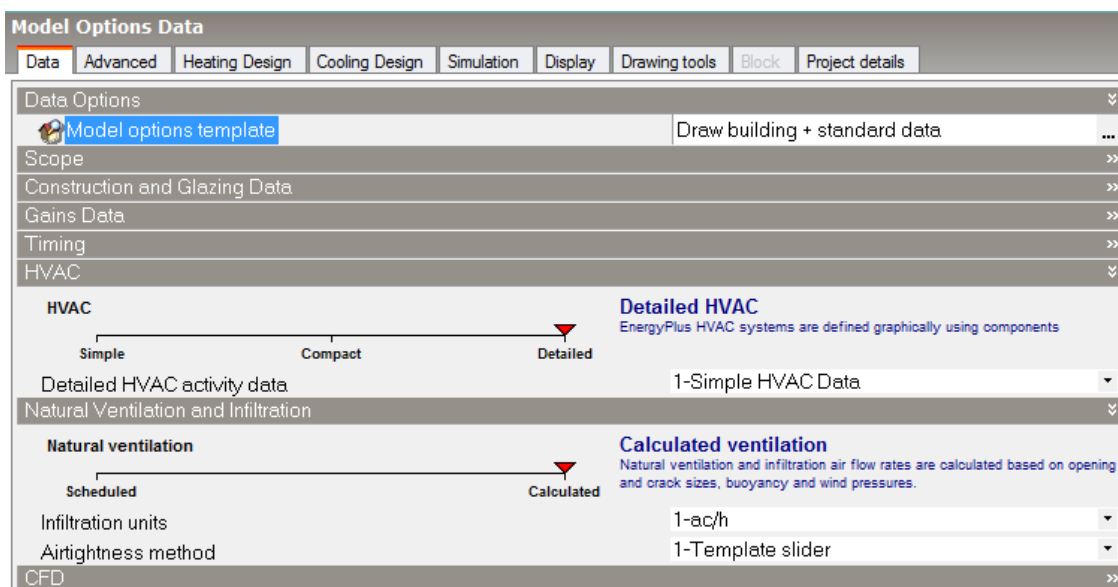


Figura B.1: Configuración de la ventilación natural calculada

Para que las aberturas del edificio se mantengan cerradas mientras el sistema de calefacción se encuentra encendido, es necesario situar la temperatura a partir de la cual se abrirán las aberturas para obtener ventilación natural. En este caso por encima de los 25°C.

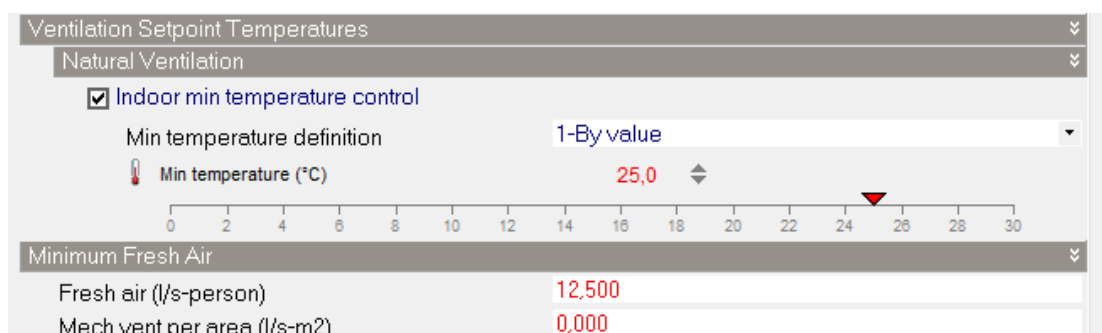


Figura B.2: Configuración de la temperatura de ventilación y tasa de renovación

Cuando se configura la opción de ventilación calculada, no es posible establecer un valor fijo de renovaciones hora de aire. Por este motivo es necesario situar un sistema de ventilación mecánica auxiliar que garantice la renovación de aire mínima para los espacios en función de su ocupación. Se puede observar en la figura 2.1 que se ha situado una tasa de renovación de aire de 12,5 l/s persona que es el mínimo exigido por el RITE en esta tipología de edificios.

En la figura 2.1 se presenta el sistema de ventilación mecánica en el modelo de HVAC detallado. Para insertar este tipo de sistemas hay que presionar el botón de añadir circuito y después añadir circuito de aire genérico.

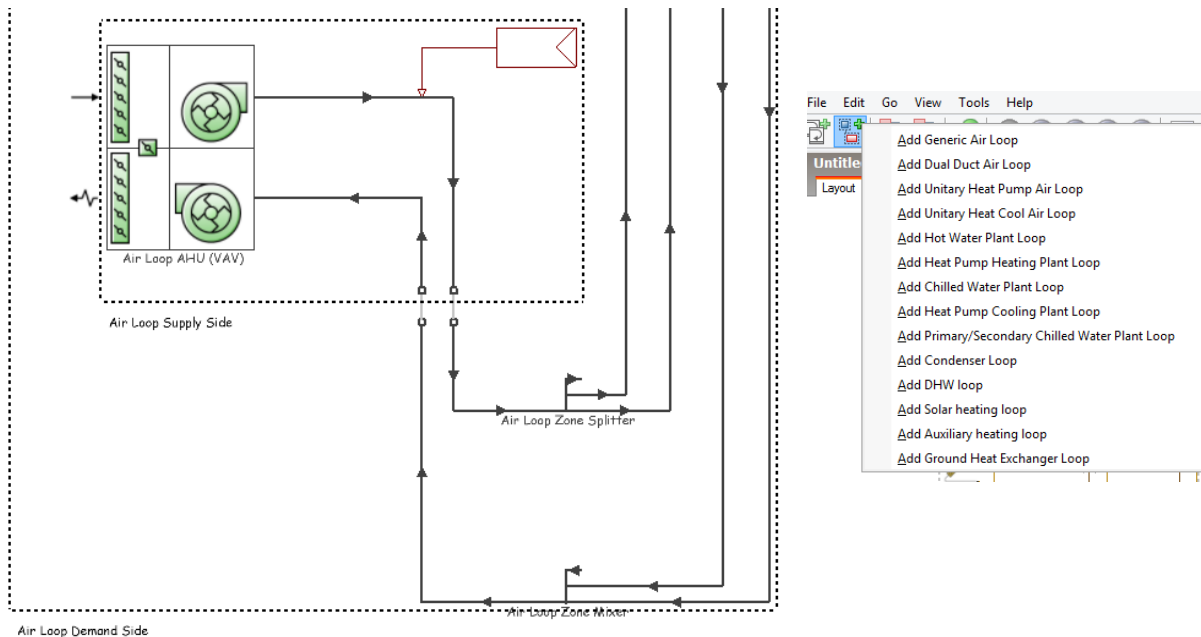


Figura B.3: Ventilación mecánica HVAC detallado

Una vez insertado el circuito de aire, es necesario insertar las unidades de impulsión y extracción de aire en los grupos de zonas para conectarlos con el circuito de aire.

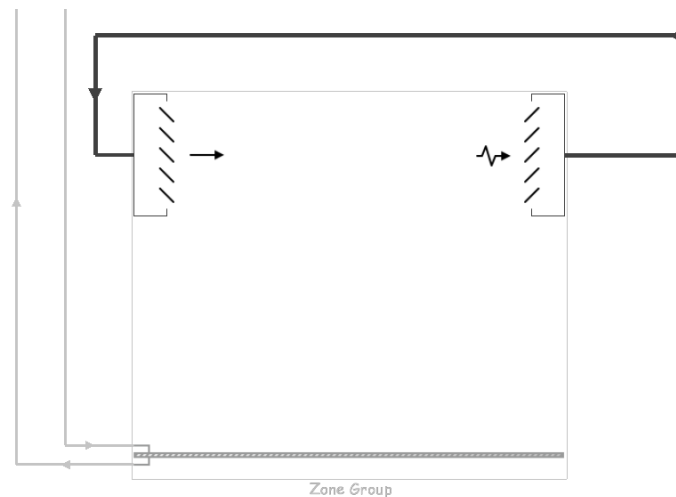


Figura B.4: Impulsión y extracción de aire en grupos de zonas

Por último y para poder obtener la representación gráfica de la ventilación natural mediante el módulo CFD, se debe de realizar la simulación horaria de los espacios obteniendo los valores de ventilación a través de los huecos. Y importar dichos datos de una fecha y hora concreta en el módulo CFD para que éste elabore gráfico.

ANEJO C - DIMENSIONADO Y PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN SOLAR

En primer lugar se ha calculado la demanda de ACS total del edificio:

Tabla C.1: Demanda de ACS

MES	DEMANDA DIARIA (l/d)	CAMAS	DEMANDA MENSUAL Di (l/d)	nº DÍAS MES	TOTAL (litros)
Enero	77,18	40	3087,2	31	95703,2
Febrero	77,79	40	3111,6	28	87124,8
Marzo	78,43	40	3137,2	31	97253,2
Abril	79,12	40	3164,8	30	94944
Mayo	80,62	40	3224,8	31	99968,8
Junio	83,25	40	3330	30	99900
Julio	85,33	40	3413,2	31	105809,2
Agosto	85,33	40	3413,2	31	105809,2
Septiembre	83,25	40	3330	30	99900
Octubre	81,44	40	3257,6	31	100985,6
Noviembre	79,12	40	3164,8	30	94944
Diciembre	77,79	40	3111,6	31	96459,6
				DT=	1178801,6

Demanda de ACS l/día = $1178801,6 \text{ l} / 365 \text{ días} = 3229,59 \text{ l/día}$

Localidad: Vallirana

Zona climática: ZONA II

Energía auxiliar: Electricidad

—————> **Contribución solar mínima 30%**

Un panel solar, de media, puede considerarse una producción de agua de 80-100litros/día, a 40 grados por cada m^2 de panel. Por lo tanto:

Total m^2 paneles solares = $3229,59 / 80 = 40,37 \text{ m}^2$

Si un panel tiene una superficie aproximada de $2,1 \text{ m}^2$

Nº paneles solares = $40,37 / 2,1 = 19,22 \text{ m}^2$

En este caso se ha optado por sobredimensionar la instalación y se situarán un total de **21 paneles solares de $2,1 \text{ m}^2$** .

PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA

	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Paneles solares	21 ud	2.075,00 €/ud	43.575,00 €
Grupo solar	1 ud	1.755,00 €/ud	1.755,00 €
		TOTAL	45.330 €

ANEJO D - PRESUPUESTO DE CLARABOYAS CAPTACIÓN LUMÍNICA

Ud	Partida	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Ud.	Claraboyas 1x1m, practicable de accionamiento manual	4 ud	1.076,37 €/ud	4.305,48€
m²	Derribo de forjado existente	5,8 m²	49,98 €/m²	289,88 €
m²	Vidrio laminado de seguridad 10+10 y acabado antideslizante	5,8 m²	95,50 €/m²	553,90 €
kg	Perfil tubular de acero de 40x60mm y 2,91kg/m	65,77 kg	1,04 €/kg	68,40 €
TOTAL				5.217,66 €



Figura 2.1: Claraboya practicable

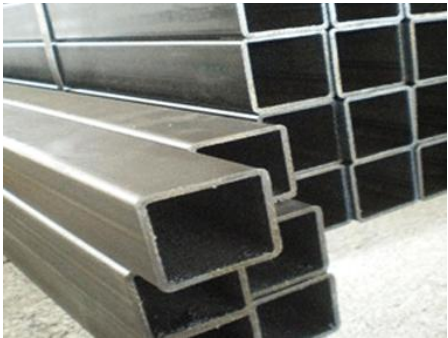


Figura 2.1: Perfiles de acero tubulares

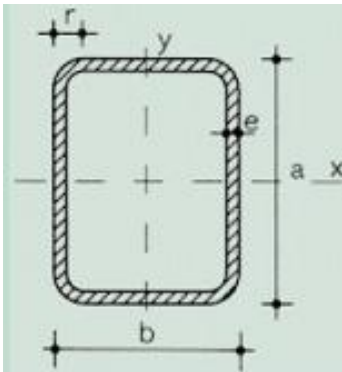
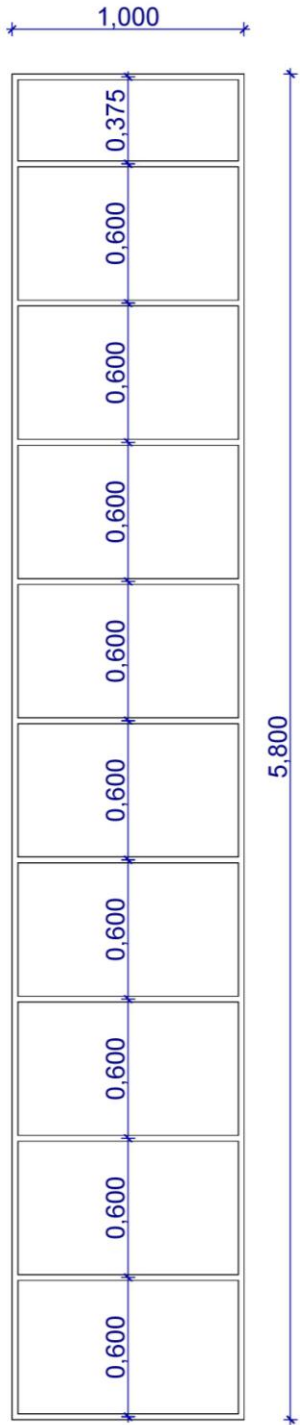


Figura 2.1: Sección perfiles de acero tubulares

Esquema 2.1: Detalle perfiles tubulares (Derecha) →



ANEJO E - PERÍODOS DE RETORNO DE INVERSIÓN

Se ha calculado el aumento medio del precio de la electricidad en España en los últimos 10 años. Con este valor medio del aumento del precio se ha podido estimar los periodos de retornos para cada mejora de ahorro energético.

Tabla E.1: Cálculo del incremento medio anual del precio de la electricidad en España

AÑO	PRECIO (€/kWh)	INCREMENTO ANUAL (%)
2004	0,1079	-
2005	0,1097	1,67
2006	0,1147	4,56
2007	0,1225	6,80
2008	0,1366	11,51
2009	0,1577	15,45
2010	0,1728	9,58
2011	0,1981	14,64
2012	0,2190	10,55
2013	0,2228	1,74
2014	0,2165	-2,83
INCR. MEDIO		7,52

Fuente: Instituto Nacional de Estadística

Precio de la electricidad en el año 2014 según factura de la residencia:

P1 = 0,2040 €/kWh

P3 = 0,1087 €/kWh

Precio medio 2015 = $(0,2040 + 0,1087)/2 \times 1,0752 = \mathbf{0,1681 \text{ €/kWh}}$

1 - PLACAS SOLARES TÉRMICAS

AÑO	PRECIO €/ kWh	AHORRO kWh/año	AHORRO €	AHORRO ACUMULADO €	AMORTIZACIÓN €
0					-45330,00
1	0,17	33025,58	5551,60	5551,60	-39778,40
2	0,18	33025,58	5969,08	11520,68	-33809,32
3	0,19	33025,58	6417,96	17938,64	-27391,36
4	0,21	33025,58	6900,59	24839,22	-20490,78
5	0,22	33025,58	7419,51	32258,73	-13071,27
6	0,24	33025,58	7977,46	40236,19	-5093,81
7	0,26	33025,58	8577,36	48813,55	3483,55
8	0,28	33025,58	9222,38	58035,93	12705,93
9	0,30	33025,58	9915,90	67951,83	22621,83
10	0,32	33025,58	10661,58	78613,41	33283,41
11	0,35	33025,58	11463,33	90076,73	44746,73
12	0,37	33025,58	12325,37	102402,10	57072,10
13	0,40	33025,58	13252,24	115654,34	70324,34
14	0,43	33025,58	14248,81	129903,15	84573,15
15	0,46	33025,58	15320,32	145223,47	99893,47

2 - AISLAMIENTO EXTERIOR DE FACHADAS EXISTENTES (6 cm)

AÑO	PRECIO €/ kWh	AHORRO kWh/año	AHORRO €	AHORRO ACUMULADO €	AMORTIZACIÓN €
0					-19758,90
1	0,17	5356,19	900,38	900,38	-18858,53
2	0,18	5356,19	968,08	1868,46	-17890,44
3	0,19	5356,19	1040,88	2909,34	-16849,56
4	0,21	5356,19	1119,16	4028,50	-15730,40
5	0,22	5356,19	1203,32	5231,82	-14527,08
6	0,24	5356,19	1293,81	6525,63	-13233,27
7	0,26	5356,19	1391,10	7916,73	-11842,17
8	0,28	5356,19	1495,71	9412,45	-10346,46
9	0,30	5356,19	1608,19	11020,64	-8738,26
10	0,32	5356,19	1729,13	12749,77	-7009,14
11	0,35	5356,19	1859,16	14608,92	-5149,98
12	0,37	5356,19	1998,97	16607,89	-3151,01
13	0,40	5356,19	2149,29	18757,18	-1001,72
14	0,43	5356,19	2310,92	21068,10	1309,19
15	0,46	5356,19	2484,70	23552,79	3793,89
16	0,50	5356,19	2671,55	26224,34	6465,43
17	0,54	5356,19	2872,45	29096,78	9337,88
18	0,58	5356,19	3088,45	32185,24	12426,33
19	0,62	5356,19	3320,71	35505,94	15747,04
20	0,67	5356,19	3570,42	39076,37	19317,46

3 - INSUFLACIÓN DE AISLAMIENTO EN FACHADAS EXISTENTES (5 cm)

AÑO	PRECIO €/ kWh	AHORRO kWh/año	AHORRO €	AHORRO ACUMULADO €	AMORTIZACIÓN €
0					-8542,1315
1	0,17	4965,41	834,69	834,69	-7707,45
2	0,18	4965,41	897,45	1732,14	-6809,99
3	0,19	4965,41	964,94	2697,08	-5845,05
4	0,21	4965,41	1037,51	3734,59	-4807,54
5	0,22	4965,41	1115,53	4850,12	-3692,01
6	0,24	4965,41	1199,41	6049,53	-2492,60
7	0,26	4965,41	1289,61	7339,14	-1202,99
8	0,28	4965,41	1386,59	8725,73	183,60
9	0,30	4965,41	1490,86	10216,59	1674,46
10	0,32	4965,41	1602,97	11819,57	3277,44
11	0,35	4965,41	1723,52	13543,09	5000,95
12	0,37	4965,41	1853,13	15396,21	6854,08
13	0,40	4965,41	1992,48	17388,69	8846,56
14	0,43	4965,41	2142,32	19531,01	10988,88
15	0,46	4965,41	2303,42	21834,43	13292,30

3 - CUBIERTA AJARDINADA

AÑO	PRECIO €/ kWh	AHORRO kWh/año	AHORRO €	AHORRO ACUMULADO €	AMORTIZACIÓN €
0					-3339,2986
1	0,17	2881,44	484,37	484,37	-2854,93
2	0,18	2881,44	520,79	1005,16	-2334,13
3	0,19	2881,44	559,96	1565,12	-1774,18
4	0,21	2881,44	602,07	2167,19	-1172,11
5	0,22	2881,44	647,34	2814,53	-524,77
6	0,24	2881,44	696,02	3510,56	171,26
7	0,26	2881,44	748,36	4258,92	919,62
8	0,28	2881,44	804,64	5063,56	1724,26
9	0,30	2881,44	865,15	5928,71	2589,41
10	0,32	2881,44	930,21	6858,92	3519,62
11	0,35	2881,44	1000,16	7859,08	4519,78
12	0,37	2881,44	1075,37	8934,45	5595,15
13	0,40	2881,44	1156,24	10090,69	6751,39
14	0,43	2881,44	1243,19	11333,88	7994,58
15	0,46	2881,44	1336,68	12670,56	9331,26

4 - VENTANAS DE BAJA TRANSMITANCIA

AÑO	PRECIO €/kWh	AHORRO kWh/año	AHORRO €	AHORRO ACUMULADO €	AMORTIZACIÓN €
0					-21348,34
1	0,17	390,28	65,61	65,61	-8270,74
2	0,18	390,28	70,54	136,15	-8200,20
3	0,19	390,28	75,84	211,99	-8124,36
4	0,21	390,28	81,55	293,54	-8042,81
5	0,22	390,28	87,68	381,22	-7955,13
6	0,24	390,28	94,27	475,49	-7860,86
7	0,26	390,28	101,36	576,85	-7759,49
8	0,28	390,28	108,99	685,84	-7650,51
9	0,30	390,28	117,18	803,02	-7533,33
10	0,32	390,28	125,99	929,01	-7407,33
11	0,35	390,28	135,47	1064,48	-7271,87
12	0,37	390,28	145,66	1210,14	-7126,21
13	0,40	390,28	156,61	1366,75	-6969,60
14	0,43	390,28	168,39	1535,13	-6801,22
15	0,46	390,28	181,05	1716,18	-6620,17
16	0,50	390,28	194,66	1910,84	-6425,51
17	0,54	390,28	209,30	2120,14	-6216,21
18	0,58	390,28	225,04	2345,18	-5991,16
19	0,62	390,28	241,96	2587,15	-5749,20
20	0,67	390,28	260,16	2847,31	-5489,04
21	0,72	390,28	279,72	3127,03	-5209,32

22	0,77	390,28	300,76	3427,79	-4908,56
23	0,83	390,28	323,38	3751,17	-4585,18
24	0,89	390,28	347,69	4098,86	-4237,49
25	0,96	390,28	373,84	4472,70	-3863,65
26	1,03	390,28	401,95	4874,65	-3461,70
27	1,11	390,28	432,18	5306,83	-3029,52
28	1,19	390,28	464,68	5771,51	-2564,84
29	1,28	390,28	499,62	6271,14	-2065,21
30	1,38	390,28	537,20	6808,33	-1528,02
31	1,48	390,28	577,59	7385,93	-950,42
32	1,59	390,28	621,03	8006,95	-329,40
33	1,71	390,28	667,73	8674,68	338,33

5 - ILUMINACIÓN LED

AÑO	PRECIO kWh	AHORRO kWh/año	AHORRO €	AHORRO ACUMULADO €	AMORTIZACIÓN €
0					-3345,15
1	0,17	3973,29	667,91	667,91	-2677,24
2	0,18	3973,29	718,14	1386,05	-1959,10
3	0,19	3973,29	772,14	2158,19	-1186,96
4	0,21	3973,29	830,21	2988,39	-356,76
5	0,22	3973,29	892,64	3881,03	535,88
6	0,24	3973,29	959,76	4840,80	1495,65
7	0,26	3973,29	1031,94	5872,73	2527,58
8	0,28	3973,29	1109,54	6982,27	3637,12
9	0,30	3973,29	1192,98	8175,25	4830,10
10	0,32	3973,29	1282,69	9457,94	6112,79
11	0,35	3973,29	1379,15	10837,09	7491,94
12	0,37	3973,29	1482,86	12319,95	8974,80
13	0,40	3973,29	1594,37	13914,32	10569,17
14	0,43	3973,29	1714,27	15628,58	12283,43
15	0,46	3973,29	1843,18	17471,76	14126,61
16	0,50	3973,29	1981,79	19453,55	16108,40
17	0,54	3973,29	2130,82	21584,37	18239,22
18	0,58	3973,29	2291,05	23875,42	20530,27
19	0,62	3973,29	2463,34	26338,76	22993,61
20	0,67	3973,29	2648,59	28987,35	25642,20

6 - CLARABOYAS DE CAPTACIÓN LUMÍNICA

AÑO	PRECIO kWh	AHORRO kWh/año	AHORRO €	AHORRO ACUMULADO €	AMORTIZACIÓN €
0					-5217,66
1	0,17	515,86	86,72	86,72	-5130,94
2	0,18	515,86	93,24	179,95	-5037,71
3	0,19	515,86	100,25	280,20	-4937,46
4	0,21	515,86	107,79	387,99	-4829,67
5	0,22	515,86	115,89	503,88	-4713,78
6	0,24	515,86	124,61	628,49	-4589,17
7	0,26	515,86	133,98	762,47	-4455,19
8	0,28	515,86	144,05	906,52	-4311,14
9	0,30	515,86	154,89	1061,41	-4156,25
10	0,32	515,86	166,53	1227,94	-3989,72
11	0,35	515,86	179,06	1407,00	-3810,66
12	0,37	515,86	192,52	1599,52	-3618,14
13	0,40	515,86	207,00	1806,52	-3411,14
14	0,43	515,86	222,57	2029,09	-3188,57
15	0,46	515,86	239,30	2268,39	-2949,27
16	0,50	515,86	257,30	2525,69	-2691,97
17	0,54	515,86	276,65	2802,34	-2415,32
18	0,58	515,86	297,45	3099,79	-2117,87
19	0,62	515,86	319,82	3419,61	-1798,05
20	0,67	515,86	343,87	3763,48	-1454,18
21	0,72	515,86	369,73	4133,21	-1084,45
22	0,77	515,86	397,53	4530,75	-686,91
23	0,83	515,86	427,43	4958,17	-259,49
24	0,89	515,86	459,57	5417,75	200,09
25	0,96	515,86	494,13	5911,88	694,22
26	1,03	515,86	531,29	6443,17	1225,51
27	1,11	515,86	571,24	7014,41	1796,75
28	1,19	515,86	614,20	7628,61	2410,95
29	1,28	515,86	660,39	8288,99	3071,33
30	1,38	515,86	710,05	8999,04	3781,38
31	1,48	515,86	763,44	9762,49	4544,83
32	1,59	515,86	820,86	10583,34	5365,68
33	1,71	515,86	882,58	11465,93	6248,27

7 - VENTANAS DE CAPTACIÓN TÉRMICA

AÑO	PRECIO kWh	AHORRO kWh/año	AHORRO €	AHORRO ACUMULADO €	AMORTIZACIÓN €
0					-13741,5
1	0,17	1215,79	204,37	204,37	-13537,13
2	0,18	1215,79	219,74	424,12	-13317,38
3	0,19	1215,79	236,27	660,38	-13081,12
4	0,21	1215,79	254,03	914,42	-12827,08
5	0,22	1215,79	273,14	1187,56	-12553,94
6	0,24	1215,79	293,68	1481,23	-12260,27
7	0,26	1215,79	315,76	1797,00	-11944,50
8	0,28	1215,79	339,51	2136,51	-11604,99
9	0,30	1215,79	365,04	2501,54	-11239,96
10	0,32	1215,79	392,49	2894,03	-10847,47
11	0,35	1215,79	422,01	3316,04	-10425,46
12	0,37	1215,79	453,74	3769,78	-9971,72
13	0,40	1215,79	487,86	4257,64	-9483,86
14	0,43	1215,79	524,55	4782,19	-8959,31
15	0,46	1215,79	563,99	5346,18	-8395,32
16	0,50	1215,79	606,41	5952,59	-7788,91
17	0,54	1215,79	652,01	6604,60	-7136,90
18	0,58	1215,79	701,04	7305,64	-6435,86
19	0,62	1215,79	753,76	8059,40	-5682,10
20	0,67	1215,79	810,44	8869,84	-4871,66
21	0,72	1215,79	871,39	9741,22	-4000,28
22	0,77	1215,79	936,91	10678,14	-3063,36
23	0,83	1215,79	1007,37	11685,51	-2055,99
24	0,89	1215,79	1083,12	12768,63	-972,87
25	0,96	1215,79	1164,57	13933,20	191,70
26	1,03	1215,79	1252,15	15185,35	1443,85
27	1,11	1215,79	1346,31	16531,67	2790,17
28	1,19	1215,79	1447,56	17979,22	4237,72
29	1,28	1215,79	1556,41	19535,63	5794,13
30	1,38	1215,79	1673,45	21209,09	7467,59
31	1,48	1215,79	1799,30	23008,38	9266,88
32	1,59	1215,79	1934,60	24942,99	11201,49
33	1,71	1215,79	2080,09	27023,07	13281,57

ANEJO F - REAPROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES

Como añadido al trabajo y a petición de la empresa, se ha realizado un estudio sobre la volumetría de agua de lluvia que podría ser recogida por las cubiertas del edificio.

Tabla F.1: Estadísticas de precipitaciones de Vallirana (l/m²) ^[2]

MES	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	MEDIA
ENE	27,60	2,10	51,00	85,30	72,30	32,00	1,40	38,81
FEB	45,60	10,90	24,00	74,50	30,20	32,80	35,80	36,26
MAR	175,10	71,00	163,70	71,70	65,00	9,40	29,20	83,59
ABR	107,60	83,70	27,50	11,80	126,80	28,60	103,80	69,97
MAY	65,80	14,80	85,50	130,20	13,60	223,60	42,20	82,24
JUN.	28,00	25,90	118,70	47,40	6,50	30,60	0,20	36,76
JUL	18,70	34,70	56,30	1,90	55,40	53,00	0,80	31,54
AGO	7,30	49,30	6,10	44,40	1,50	12,80	66,40	26,83
SET	26,20	86,30	14,20	60,80	29,20	45,80	2,00	37,79
OCT	21,30	162,30	93,00	140,70	78,70	111,00	93,20	100,03
NOV	168,80	12,80	181,00	22,90	14,20	50,20	1,80	64,53
DIC	14,10	4,80	0,00	20,30	70,60	107,90	25,40	34,73

Superficie de cubierta = 363,43 m²

Precio del agua = 0,50 €/m³ = 0,0005€/l

**Precio obtenido de la factura de agua de la residencia*

Tabla F.2: Ahorro de agua y económico

MES	VOLUMEN DE AGUA (l)	AHORRO ECONÓMICO (€)
ENE.	13736,76	6,87 €
FEB.	12831,77	6,42 €
MAR.	29581,82	14,79 €
ABR.	24763,59	12,38 €
MAY	29106,57	14,55 €
JUN.	13008,72	6,50 €
JUL.	11163,33	5,58 €
AGO.	9494,90	4,75 €
SET.	13372,74	6,69 €
OCT.	35401,11	17,70 €
NOV.	22837,31	11,42 €
DIC.	12290,79	6,15 €
TOTAL	227083,82	113,54 €

A partir de los cálculos realizados se ha obtenido un volumen de agua de lluvia anual de 227 m³ que representan un 22,7% del consumo anual actual de agua de 1000m³. El reaprovechamiento de agua de lluvia permitiría generar un ahorro de 113,54 € anuales.

8 DOCUMENTACIÓN GRÁFICA

1 - HISTORIA Y PARCELA

- 1.1 - PROYECTO ORIGINAL 1987
- 1.2 - PROYECTOS DE 1996 Y 2013
- 1.3 - NORMATIVA DE PARCELA Y TOPOGRÁFICO

2 - DERRIBOS Y OBRA NUEVA

- 2.1 - DERRIBOS Y OBRA NUEVA P-1 Y PB
- 2.2 - DERRIBOS Y OBRA NUEVA P1 Y CUBIERTA

3 - PLANTAS ESTADO ACTUAL CON USOS DE ESPACIOS

- 3.1 - PLANTA TÉCNICA ESTADO ACTUAL
- 3.2 - PLANTA BAJA ESTADO ACTUAL
- 3.3 - PLANTA PRIMERA ESTADO ACTUAL
- 3.4 - PLANTA CUBIERTA ESTADO ACTUAL

4 - PLANTAS ESTADO REFORMADO CON USOS DE ESPACIOS

- 4.5 - PLANTA TÉCNICA ESTADO REFORMADO
- 4.6 - PLANTA BAJA ESTADO REFORMADO
- 4.7 - PLANTA PRIMERA ESTADO REFORMADO
- 4.8 - PLANTA CUBIERTA ESTADO REFORMADO

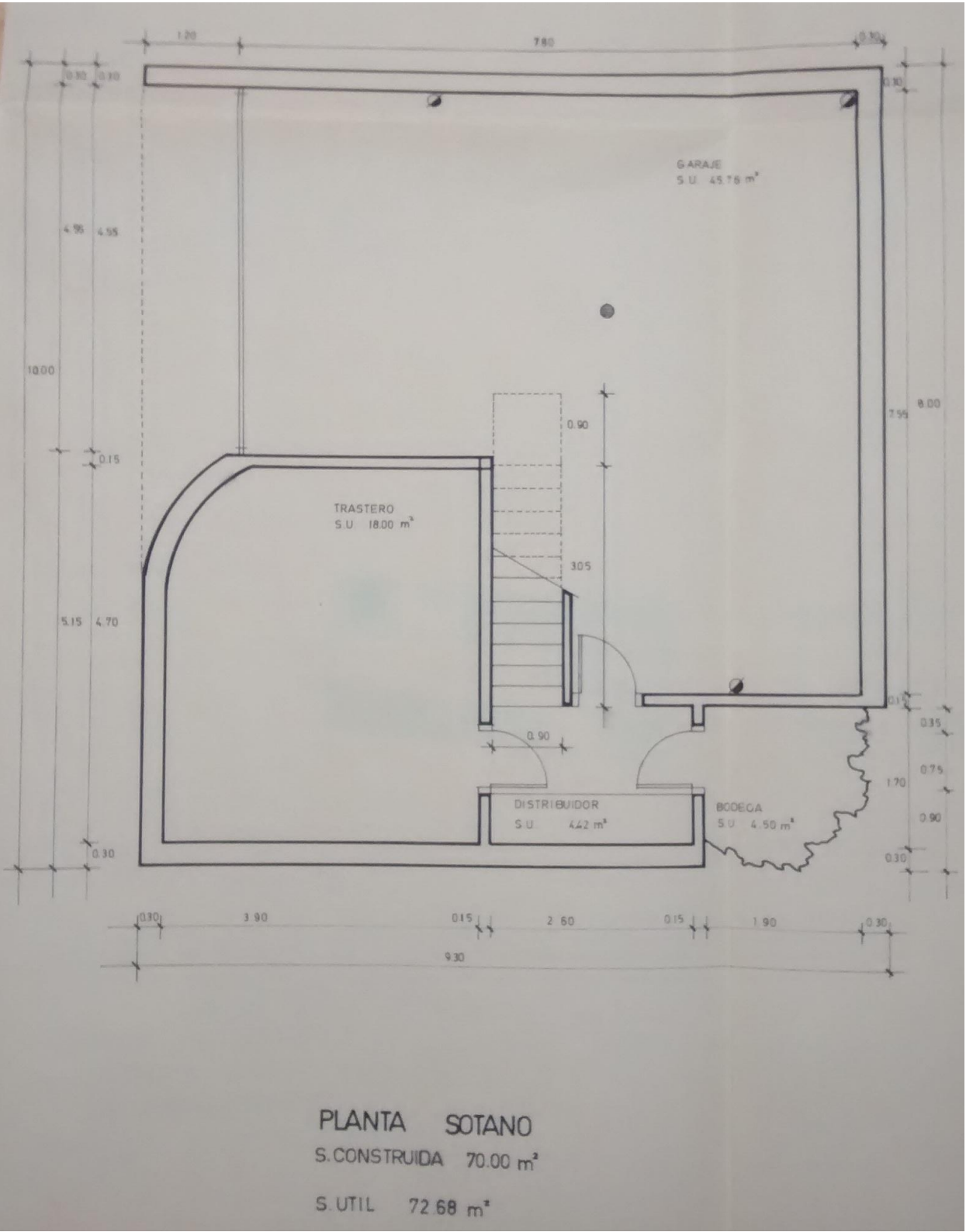
5- PLANTAS 3D

- 5.1 - ESTADO ACTUAL 3D
- 5.2 - ESTADO REFORMADO 3D

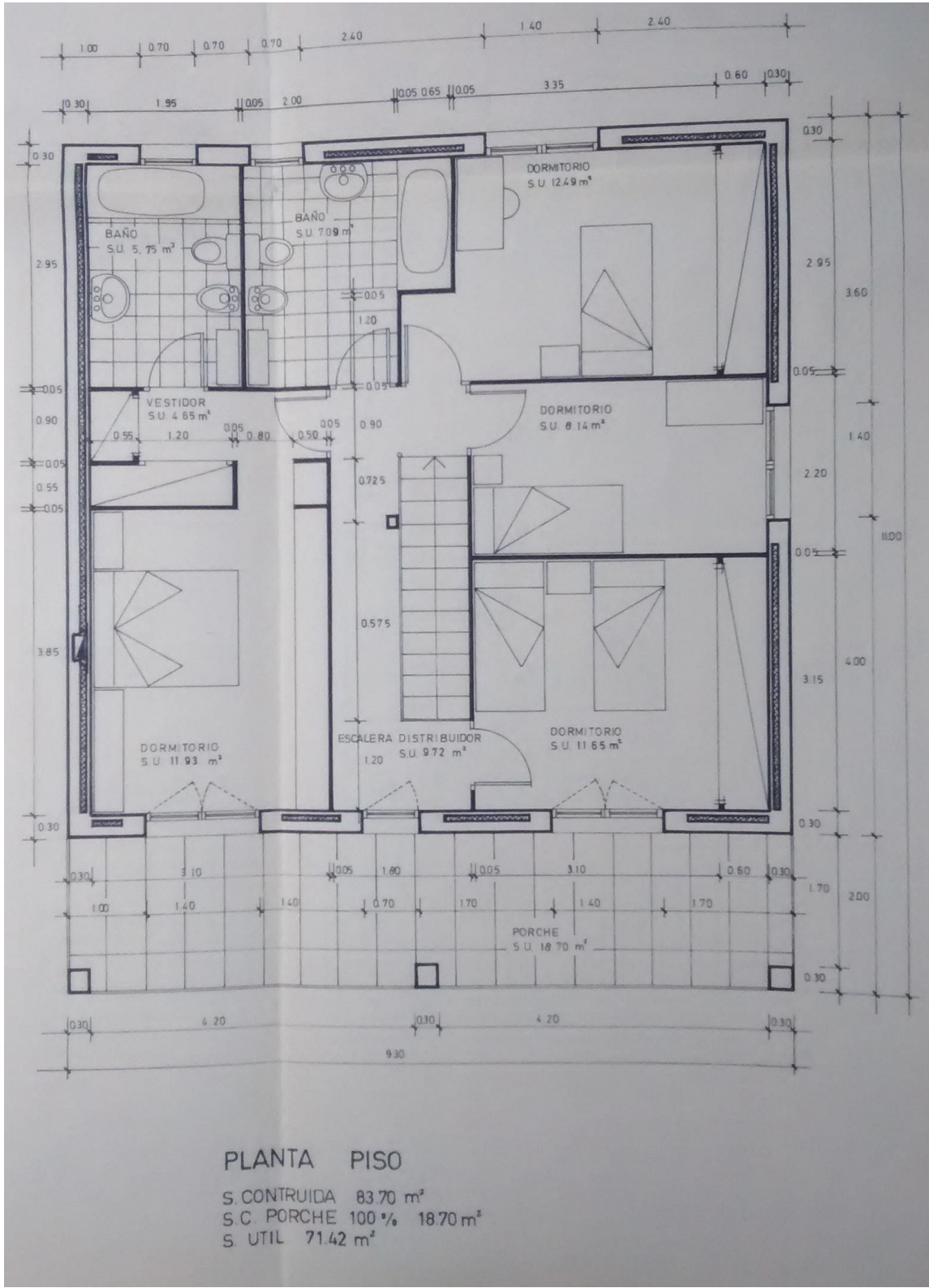
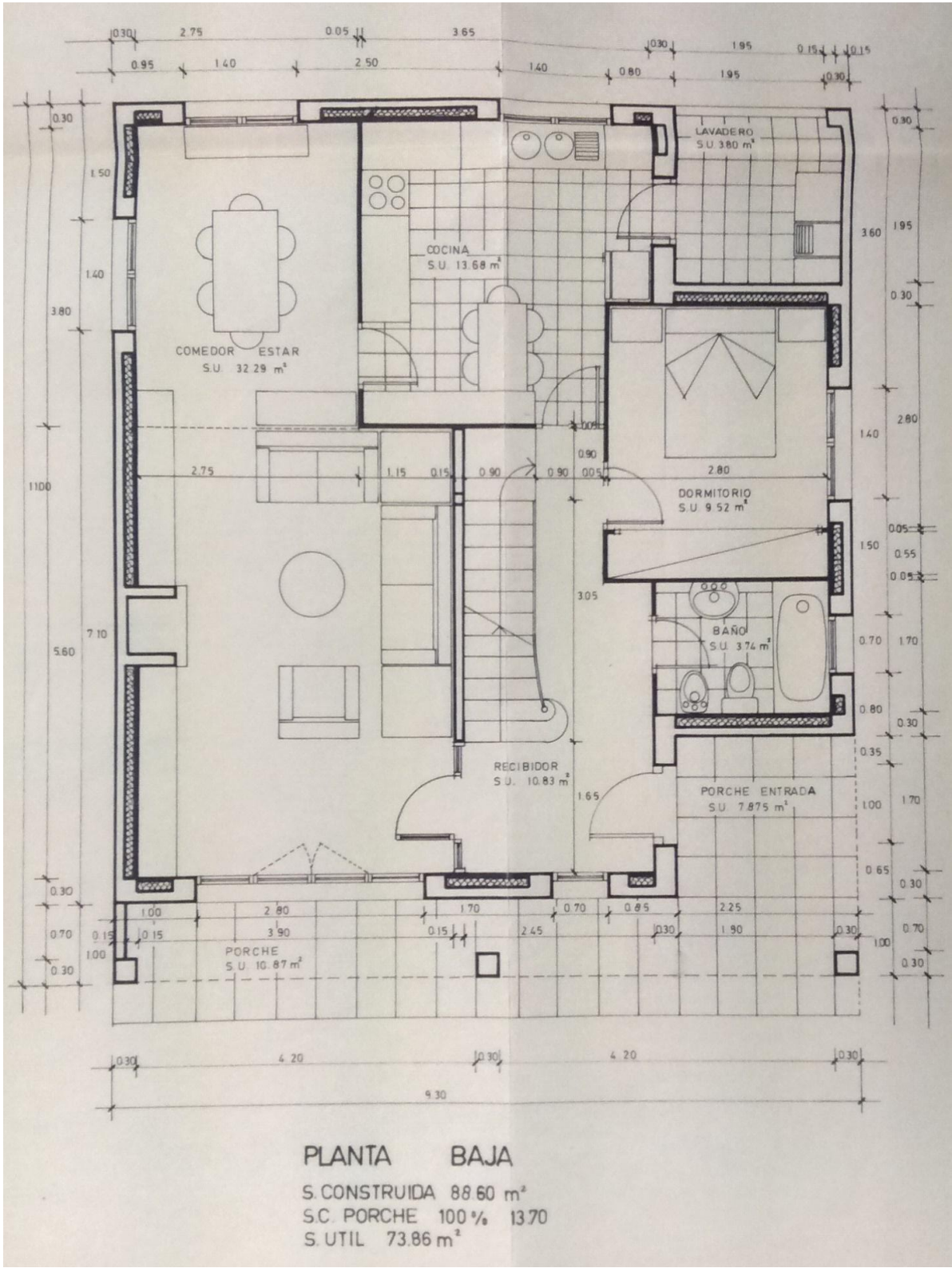
6 - MEDICIONES

- 6.1 - CARPINTERÍAS PLANTA BAJA
- 6.2 - CARPINTERÍAS PLANTA PRIMERA
- 6.3 - MEDICIONES DE FACHADAS

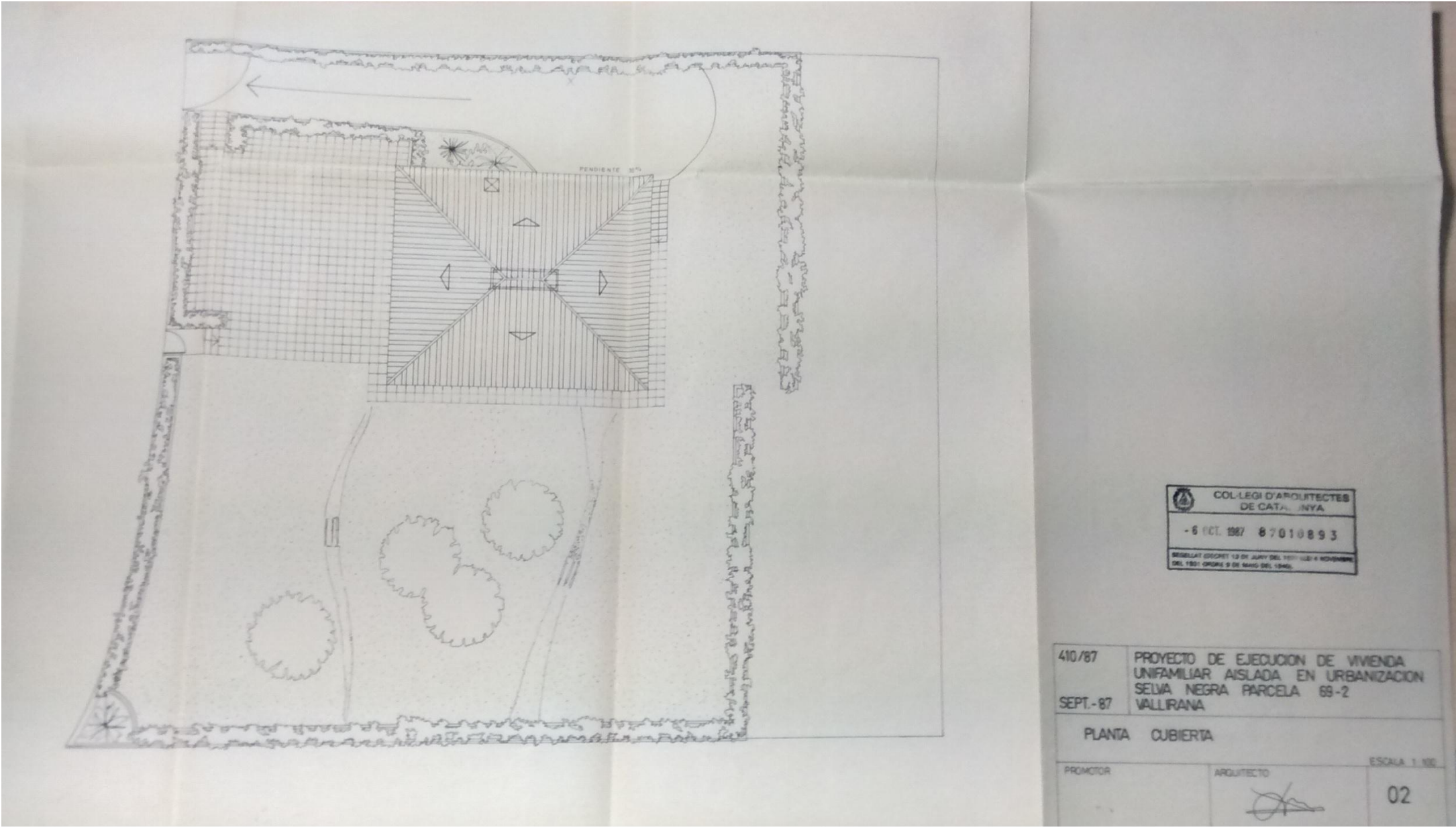
3



2



1



Escola Politècnica Superior
d'Edificació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Grado en Ciencias y Tecnologías de la Edificación

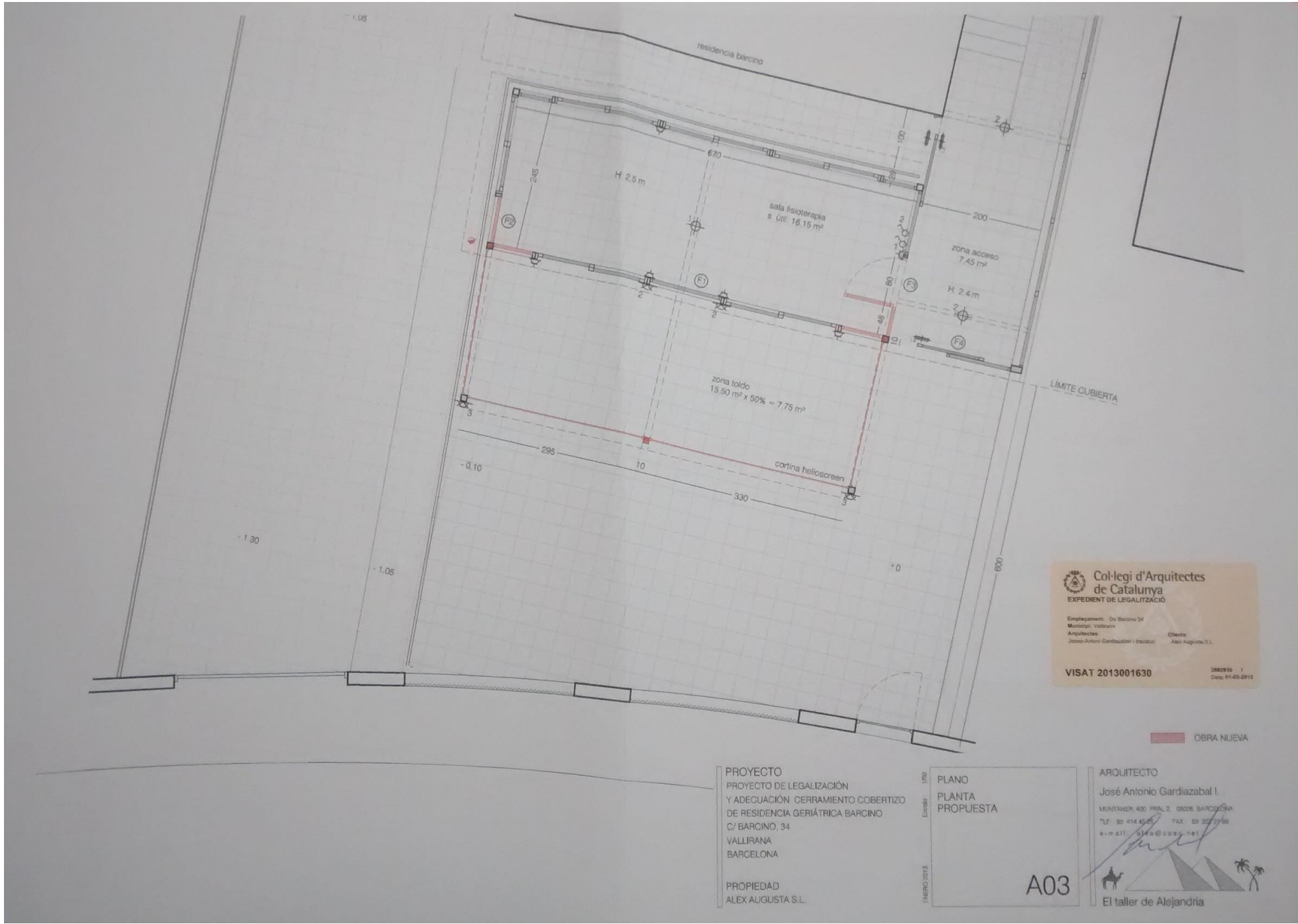
Proyecto Final de Grado
ANÁLISIS ENERGÉTICO DE UN GERIÁTRICO
SOMETIDO A UNA REFORMA DE AMPLIACIÓN

PLANO
Código
1.1
Nombre
PROYECTO ORIGINAL
1987
Escala

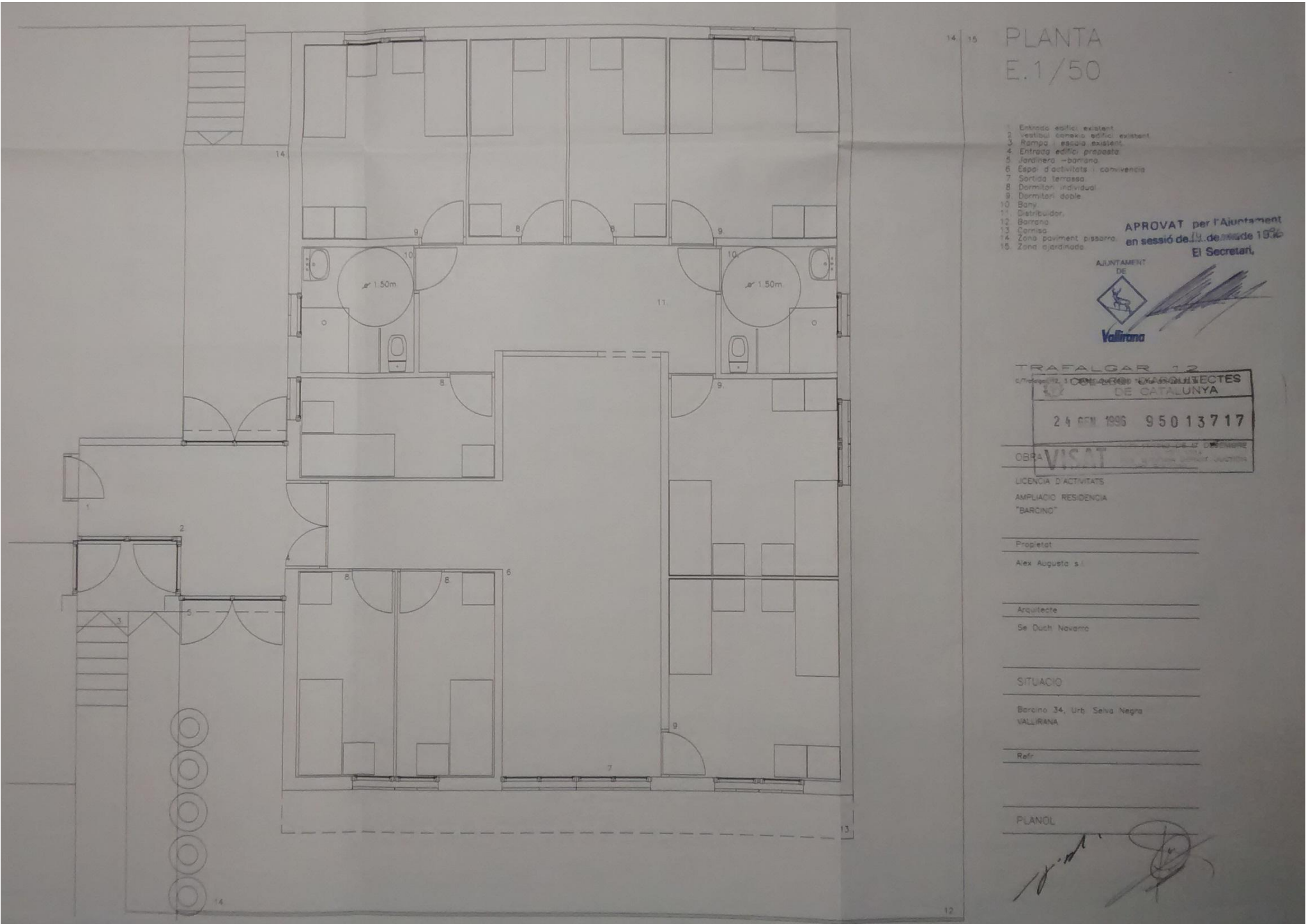
Alumno
Eric Rodríguez Medina
Directores
Caballero Mestres, Antonio
Afaró Garrido, Licio
Residencia Barcino
c/ Barcino, 34 (08759)
Vallirana (Barcelona)



PROYECTO DE LEGALIZACIÓN 2013 - DERRIBOS



PROYECTO DE LEGALIZACIÓN 2013 - OBRA NUEVA



PROYECTO DE AMPLIACIÓN DE 1996

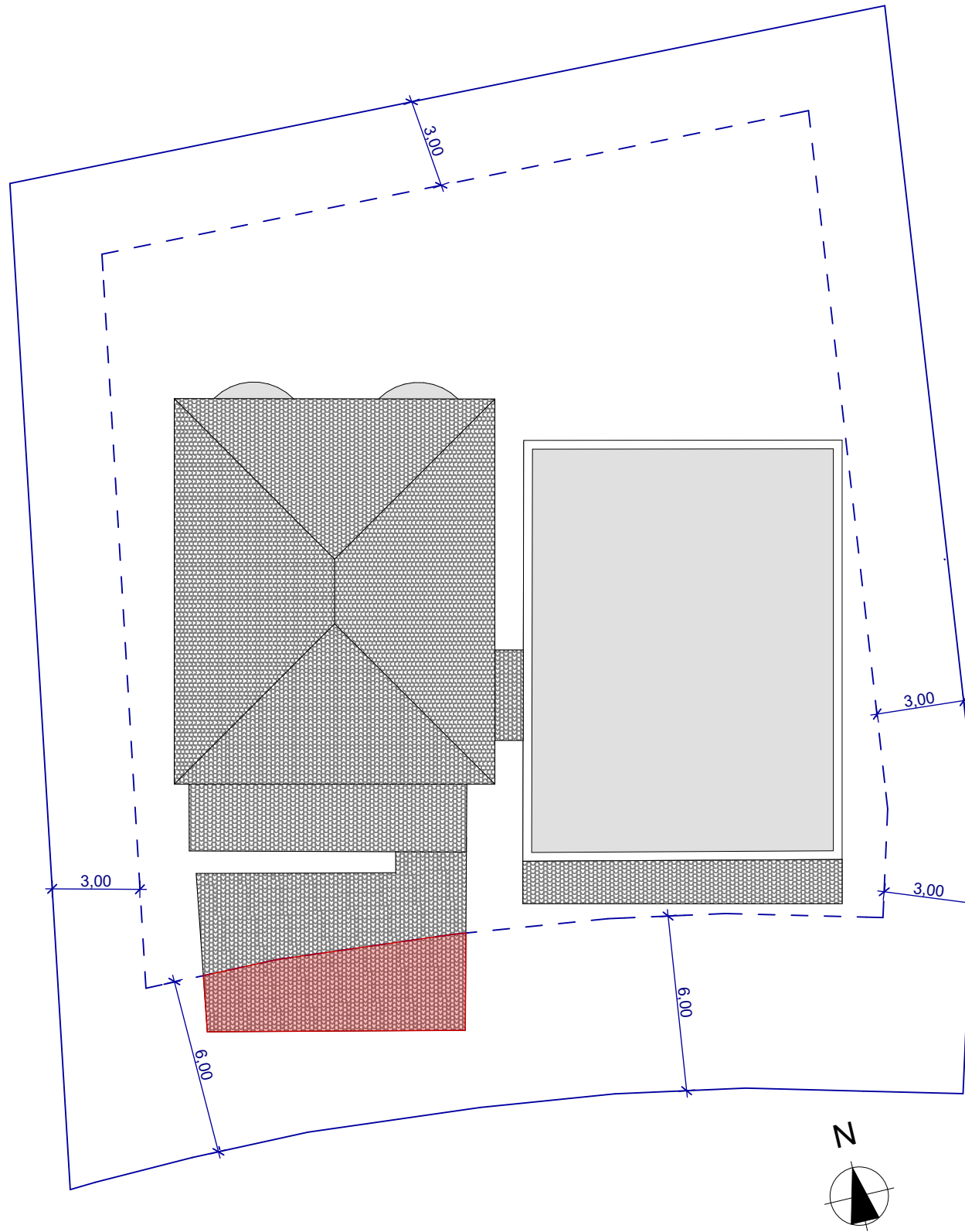
3

2

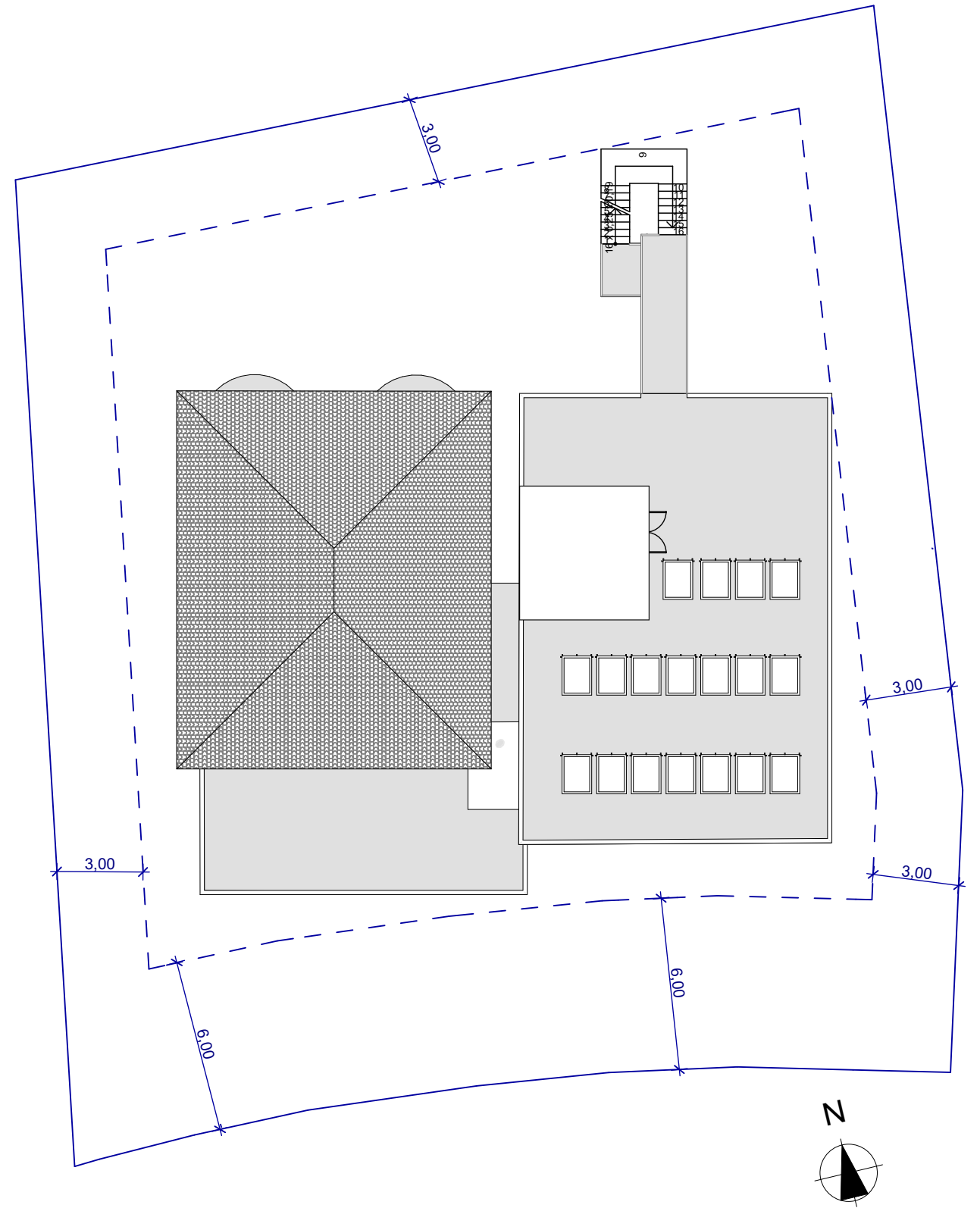
1



PLANO TOPOGRÁFICO





1. Estado actual 1:200



2. Estado reformado 1:200

	NORMATIVA A2		PROYECTE		
Parcel·la mínima	400	m2	1145,47	m2	COMPLEIX
m2 ocupats	120	m2 máx.	337,226		
Ocupació màxima	30	%	29,44	%	COMPLEIX
Al·tura reguladora màxima	9,15	m	7,81	m	COMPLEIX
Nº màxim de plantes	PB+2PP		PB+1PP		COMPLEIX
Separació mínima (Façana/Resta)	3m/6m		3m/6		COMPLEIX
Construccions auxiliars			30	m2	
Ocupació (30m2)	6	%	2,62	%	COMPLEIX
Alçada reguladora màxima	3,3	m	2,7	m	COMPLEIX
m2 construïts	300	m2 máx.	821,075	m2	
Intensitat d'edificació	0,75		0,72		COMPLEIX
Façana mínima	15m	m	87,86	m	

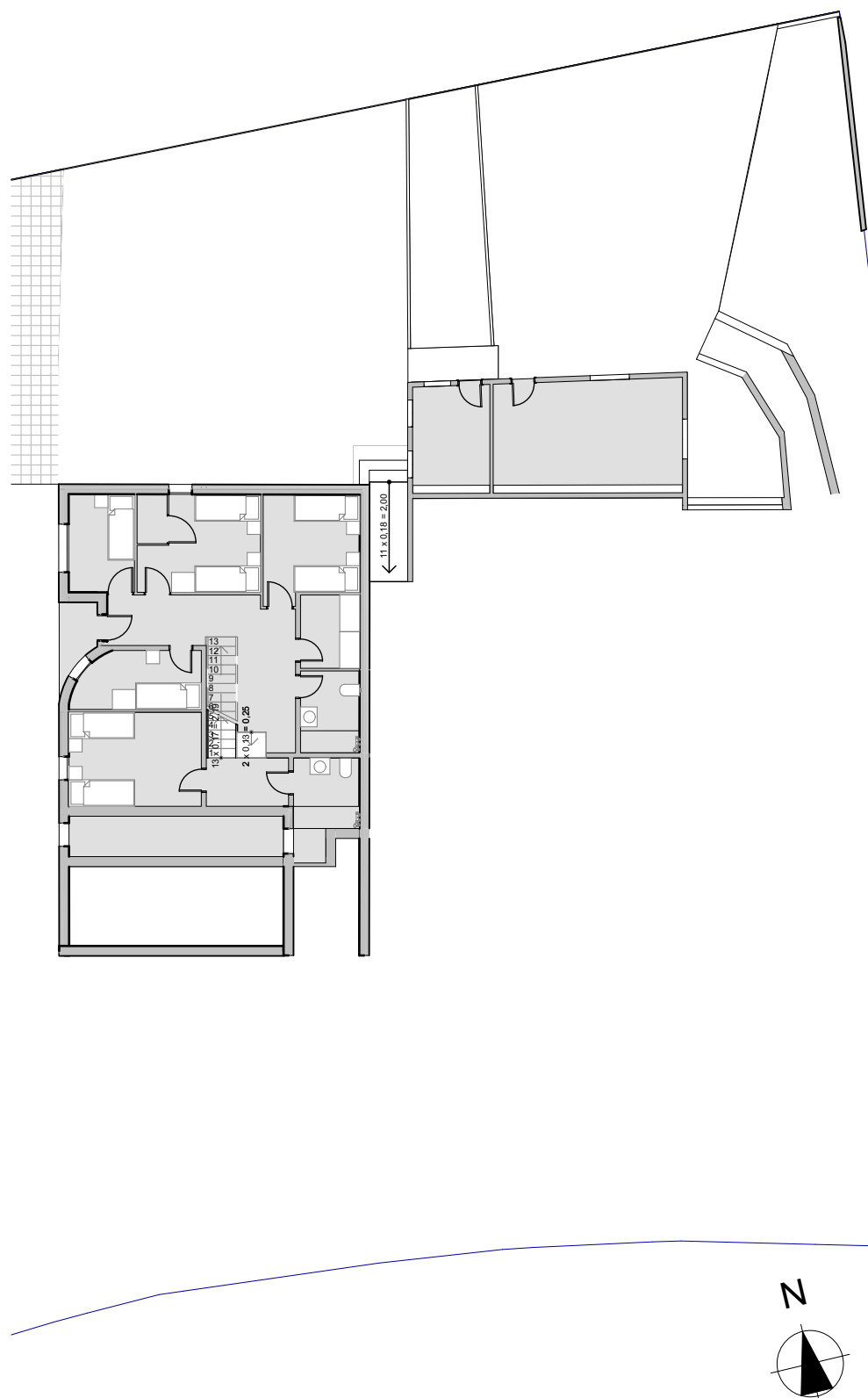


Escola Politècnica Superior
d'Edificació de Barcelona
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

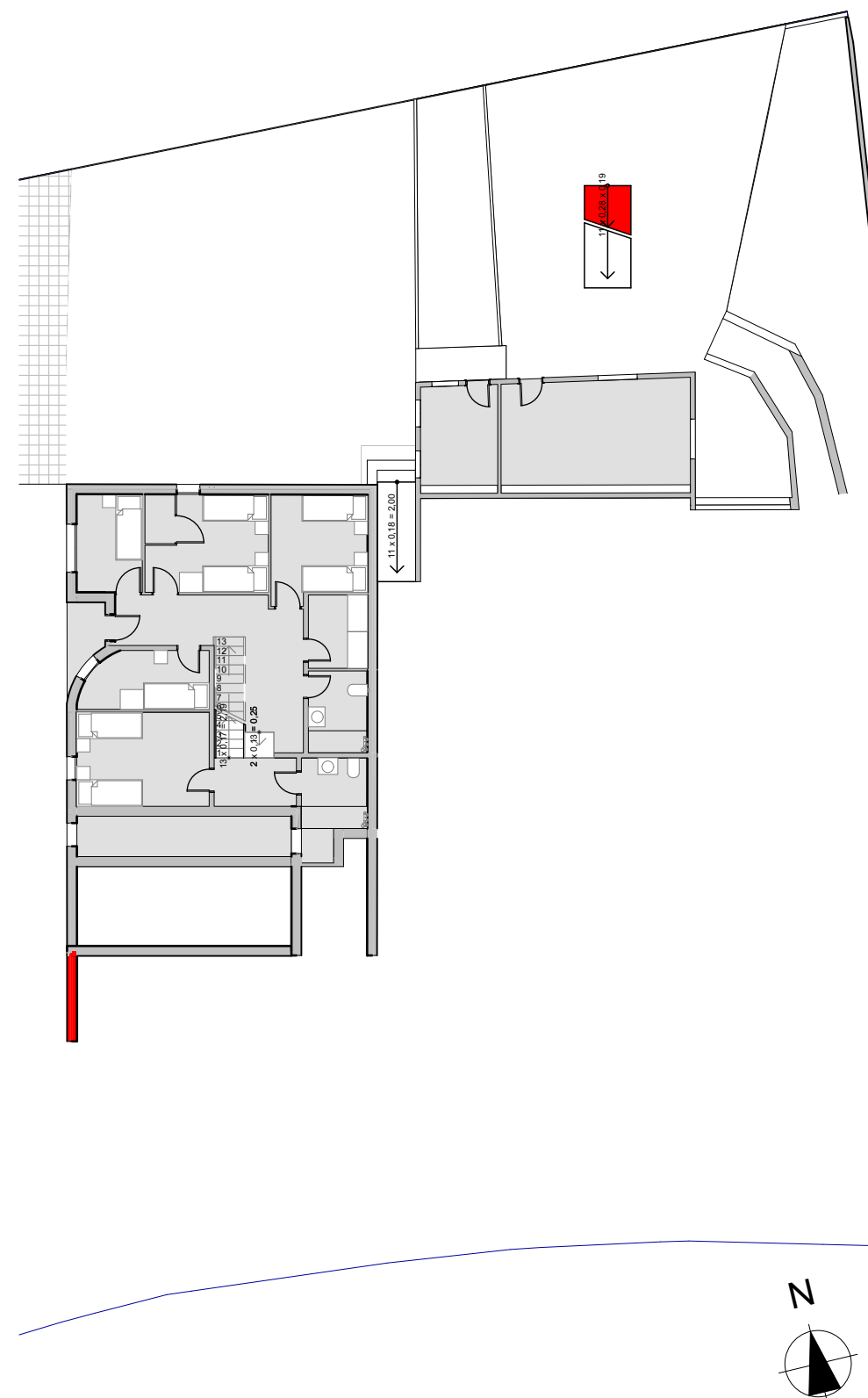
Grado en Ciencias y Tecnologías de la Edificación

Proyecto Final de Grado
ANÁLISIS ENERGÉTICO DE UN GERIÁTRICO
SOMETIDO A UNA REFORMA DE AMPLIACIÓN

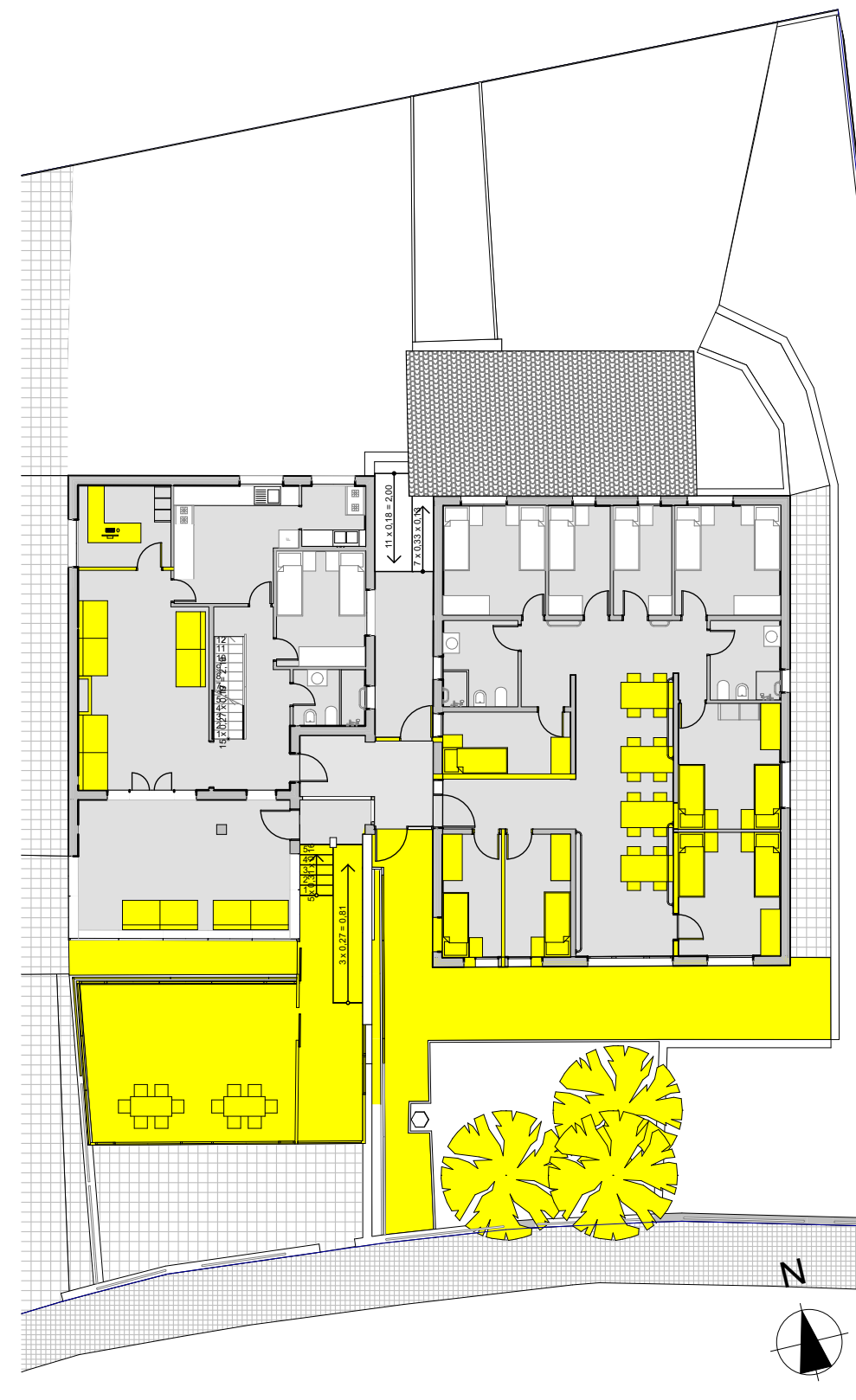
PLANO Código 1.3 Nombre NORMATIVA DE LA PARCELA Escala 1:200	Alumno Eric Rodríguez Medina Directores Caballero Mestres, Antonio Afaró Garrido, Licio Residencia Barcino c/ Barcino, 34 (08759) Vallirana (Barcelona)
---	--



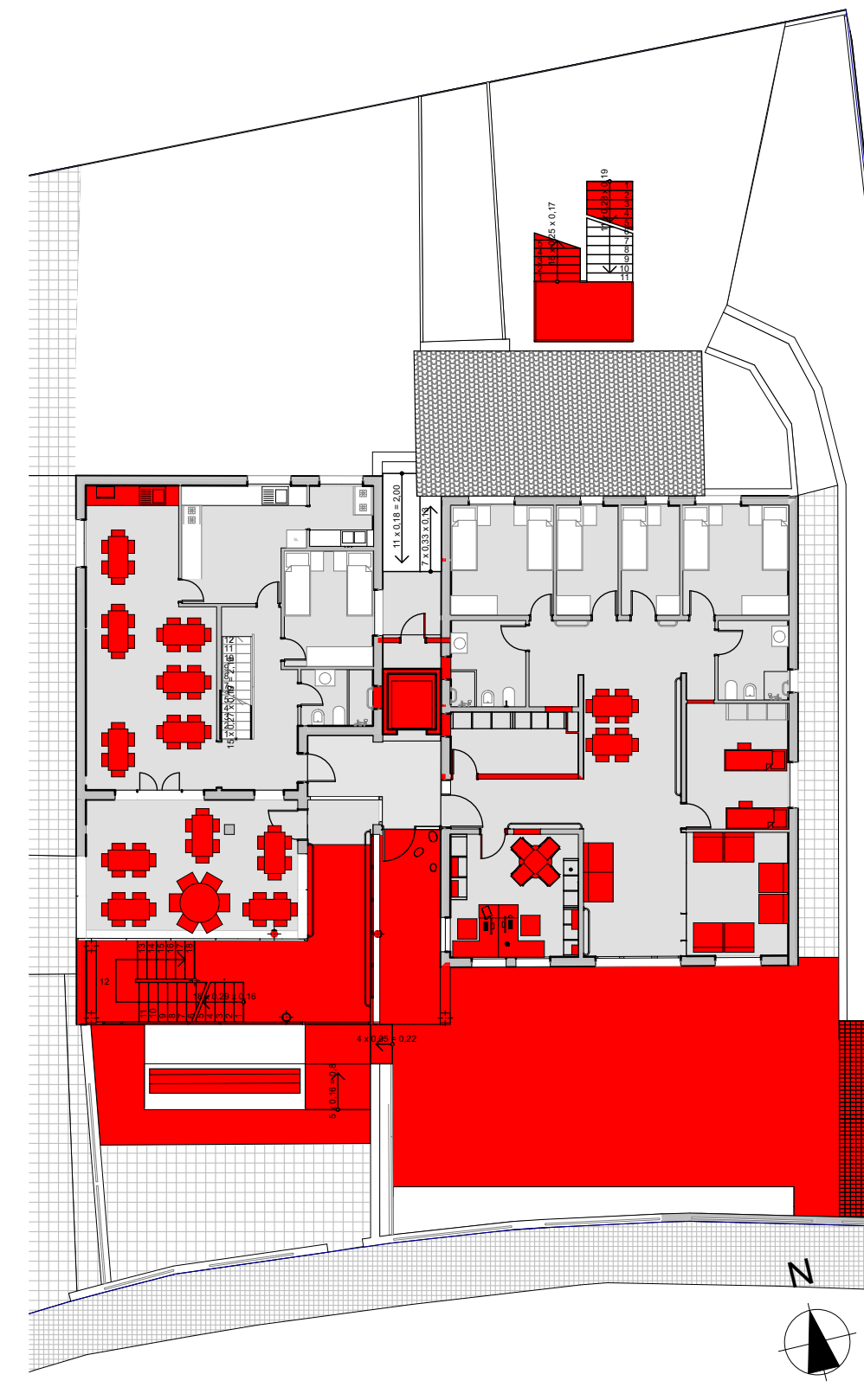
1. Planta Técnica Derribos 1:200



2. Planta Técnica Obra Nueva 1:200



3. Planta Baja Derribos 1:200



4. Planta Baja Obra Nueva 1:200

LEYENDA

- OBRA NUEVA
DERRIBOS



Escola Politècnica Superior
d'Edificació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Grado en Ciencias y Tecnologías de la Edificación

Proyecto Final de Grado
ANÁLISIS ENERGÉTICO DE UN GERIÁTRICO
SOMETIDO A UNA REFORMA DE AMPLIACIÓN

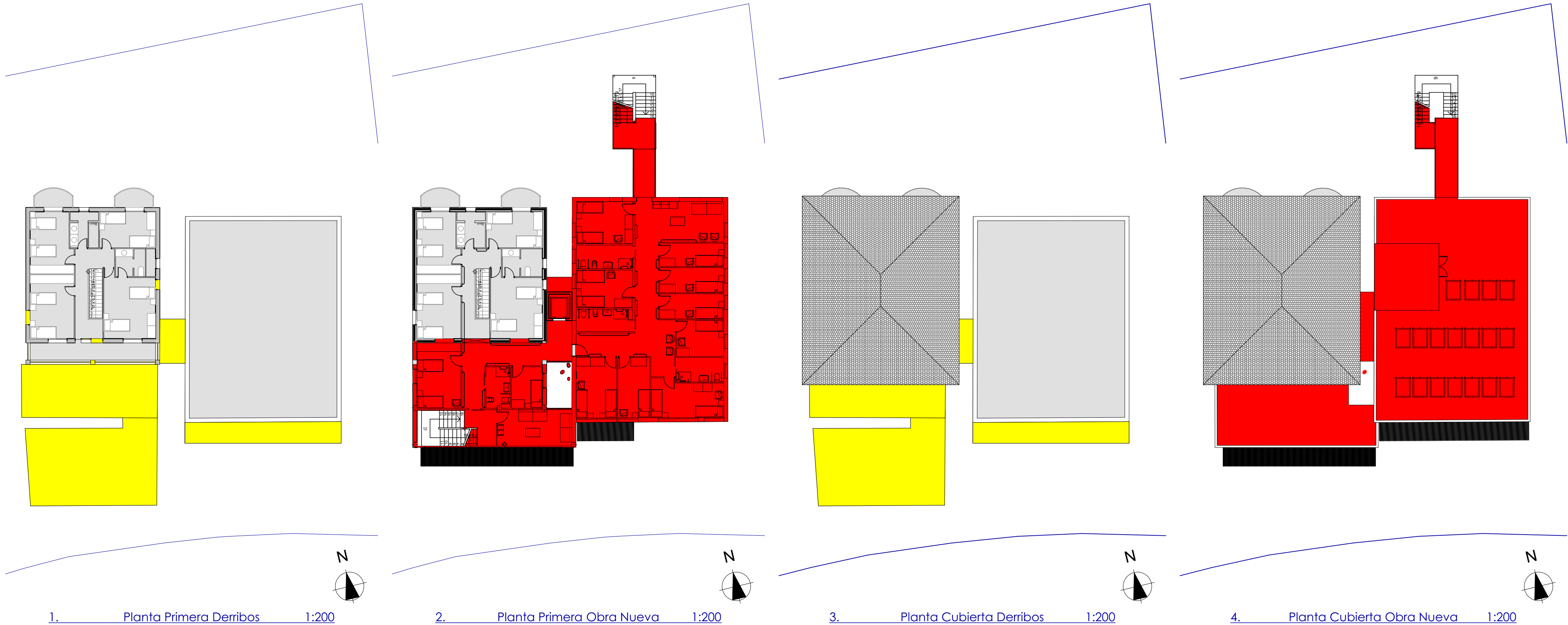
PLANO
Código
2.1
Nombre
DERRIBOS Y OBRA
NUEVA P-1 Y PB
Escala
1:200

Alumno
Eric Rodríguez Medina
Directores
Caballero Mestres, Antonio
Afaró Garrido, Licio
Residencia Barcino
c/ Barcino, 34 (08759)
Vallirana (Barcelona)

3

2

1



LEYENDA

- OBRA NUEVA
- DERRIBOS



Escola Politècnica Superior
d'Edificació de Barcelona
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Grado en Ciencias y Tecnologías de la Edificación

Proyecto Final de Grado
ANÁLISIS ENERGÉTICO DE UN GERIÁTRICO
SOMETIDO A UNA REFORMA DE AMPLIACIÓN

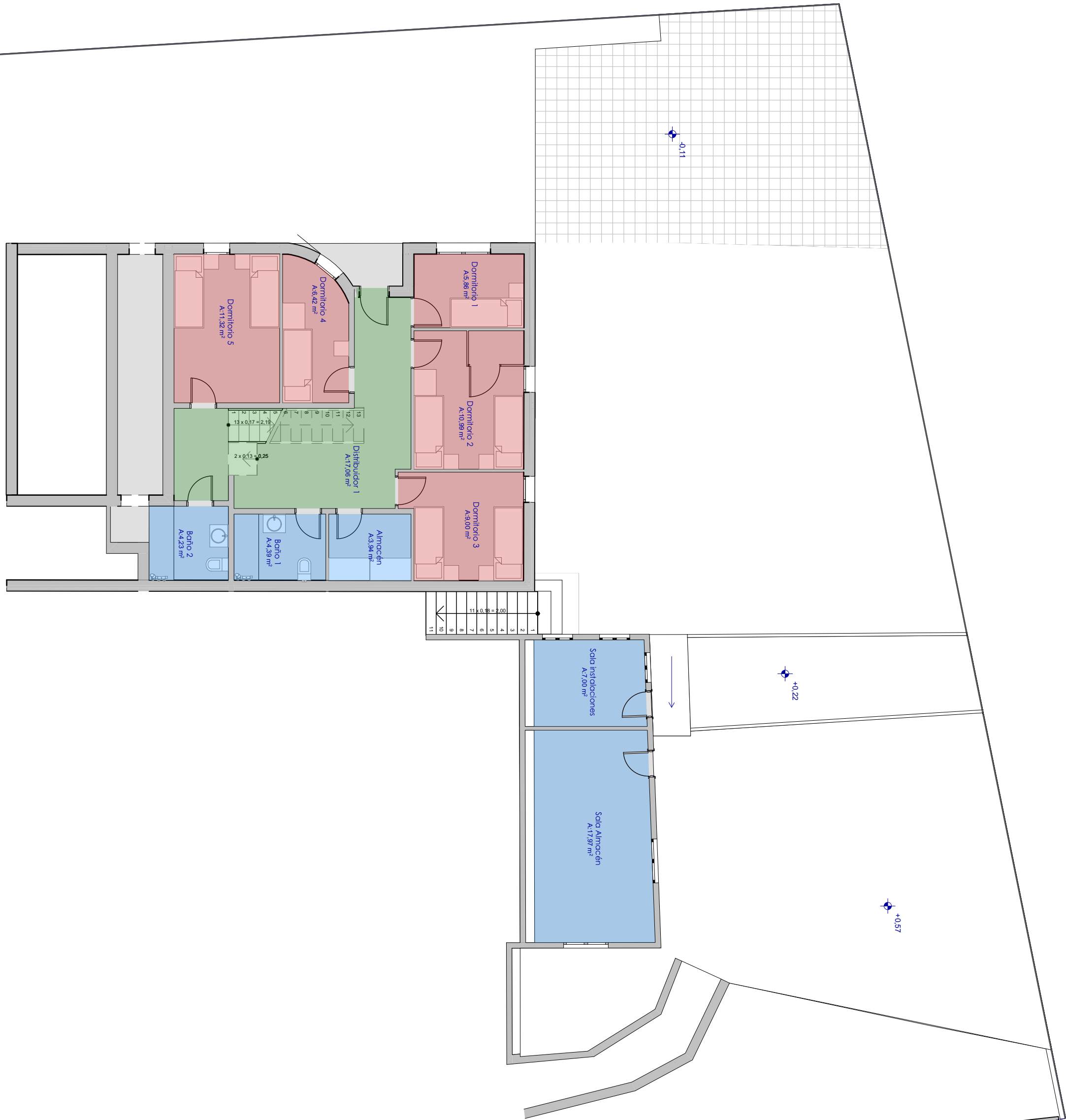
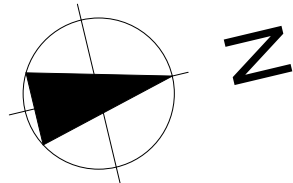
PLANO
Código
2.2
Nombre
DERRIBOS Y OBRA
NUEVA P1 Y P2
Escala
1:200

Alumno
Eric Rodríguez Medina
Directores
Caballero Mestres, Antonio
Afaró Garrido, Licio
Residencia Barcino
c/ Barcino, 34 (08759)
Vallirana (Barcelona)

3

2

1




0. Planta técnica Existente 1:100

Superficies zonas P-1 (Estado actual)			
ID	Nmbre Zona	Superficie (m2)	Volumen (m3)
Baños			
	Baño 1	4,39	9,51
	Baño 2	4,23	7,99
	2	8,62 m²	17,50 m³
Dormitorios			
	Dormitorio 1	5,86	12,71
	Dormitorio 2	10,99	23,83
	Dormitorio 3	9,00	19,52
	Dormitorio 4	6,42	13,93
	Dormitorio 5	11,32	21,40
	5	43,59 m²	91,39 m³
Instalaciones			
	Almacén	3,94	8,54
	Sala Almacén	17,97	36,59
	Sala instalaciones	7,00	14,24
	3	28,91 m²	59,37 m³
Zonas de paso			
	Distribuidor 1	17,06	44,30
	1	17,06 m²	44,30 m³
	11	98,18 m²	212,56 m³

LEYENDA DE USOS

- Dormitorios
- Zonas de paso
- Zona de servicios
- Zonas de estar
- Otros



Escola Politècnica Superior
d'Edificació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Grado en Ciencias y Tecnologías de la Edificación

Proyecto Final de Grado

ANÁLISIS ENERGÉTICO DE UN GERIÁTRICO
SOMETIDO A UNA REFORMA DE AMPLIACIÓN

PLANO
Código
3.1
Nombre
PLANTA TÉCNICA
ESTADO ACTUAL
Escala
1:100

Alumno
Eric Rodríguez Medina

Directores
Caballero Mestres, Antonio
Afaró Garrido, Licio

Residencia Barcino
c/ Barcino, 34 (08759)
Vallirana (Barcelona)

3

2

1



1. Planta Baja Existente 1:100

Superficies zonas PB (Estado actual)			
ID	Nmbre Zona	Superficie (m2)	Volumen (m3)
Administración			
	Administración	7,09	18,10
1		7,09 m²	18,10 m³
Baños			
	Baño 3	3,78	9,66
	Baño 4	6,05	15,91
	Baño 5	5,21	13,71
3		15,04 m²	39,28 m³
Cocina			
	Cocina	16,05	40,99
1		16,05 m²	40,99 m³
Dormitorios			
	Dormitorio 10	10,80	28,40
	Dormitorio 11	7,37	19,39
	Dormitorio 12	11,98	31,51
	Dormitorio 13	6,78	17,84
	Dormitorio 14	7,53	19,81
	Dormitorio 15	11,76	30,93
	Dormitorio 6	9,53	24,35
	Dormitorio 7	10,46	27,50
	Dormitorio 8	6,29	16,56
	Dormitorio 9	5,96	15,68
10		88,46 m²	231,97 m³
Salas de estar			
	Sala 1	25,07	64,02
	Sala 2	25,99	68,05
	Sala 3	30,91	79,68
	Zona estar 1	43,42	114,20
4		125,39 m²	325,95 m³
Zonas de paso			
	Distribuidor 2	12,35	31,39
	Distribuidor 3	8,82	23,54
	Pasillo 1	17,62	57,98
3		38,79 m²	112,91 m³
22		290,82 m²	769,20 m³

LEYENDA DE USOS

- Dormitorios
- Zonas de paso
- Zona de servicios
- Zonas de estar
- Otros



Escola Politècnica Superior

d'Edificació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Grado en Ciencias y Tecnologías de la Edificación

Proyecto Final de Grado
ANÁLISIS ENERGÉTICO DE UN GERIÁTRICO
SOMETIDO A UNA REFORMA DE AMPLIACIÓN

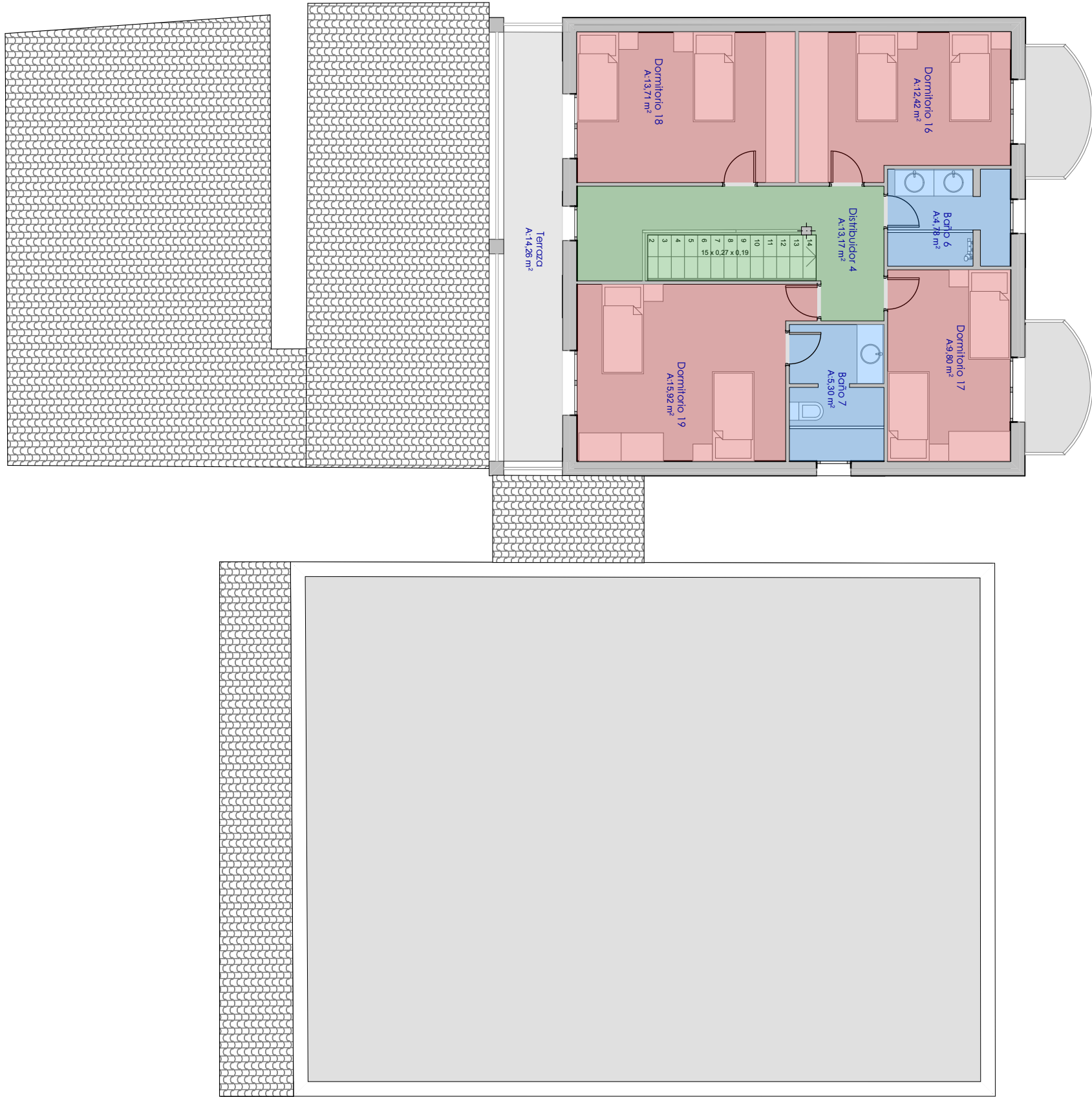
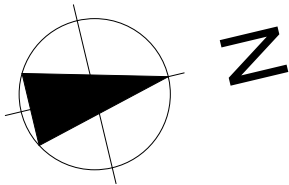
PLANO
Código
3.2
Nombre
PLANTA BAJA
ESTADO ACTUAL
Escala
1:100

Alumno
Eric Rodríguez Medina
Directores
Caballero Mestres, Antonio
Afaró Garrido, Licio
Residencia Barcino
c/ Barcino, 34 (08759)
Vallirana (Barcelona)

3

2

1



Superficies zonas P1 (Estado actual)

ID	Nmbre Zona	Superficie (m2)	Volumen (m3)
Baños			
	Baño 6	4,78	12,92
	Baño 7	5,30	14,32
2		10,08 m ²	27,24 m ³
Distribuidores			
	Distribuidor 4	13,17	35,55
1		13,17 m ²	35,55 m ³
Dormitorios			
	Dormitorio 16	12,42	33,53
	Dormitorio 17	9,80	26,47
	Dormitorio 18	13,71	37,03
	Dormitorio 19	15,92	42,98
4		51,85 m ²	140,01 m ³
Exterior			
	Terraza	14,26	38,28
1		14,26 m ²	38,28 m ³
8		89,36 m ²	241,08 m ³

LEYENDA DE USOS

- Dormitorios
- Zonas de paso
- Zona de servicios
- Zonas de estar
- Otros



Escola Politècnica Superior
d'Edificació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Grado en Ciencias y Tecnologías de la Edificación

Proyecto Final de Grado
ANÁLISIS ENERGÉTICO DE UN GERIÁTRICO
SOMETIDO A UNA REFORMA DE AMPLIACIÓN

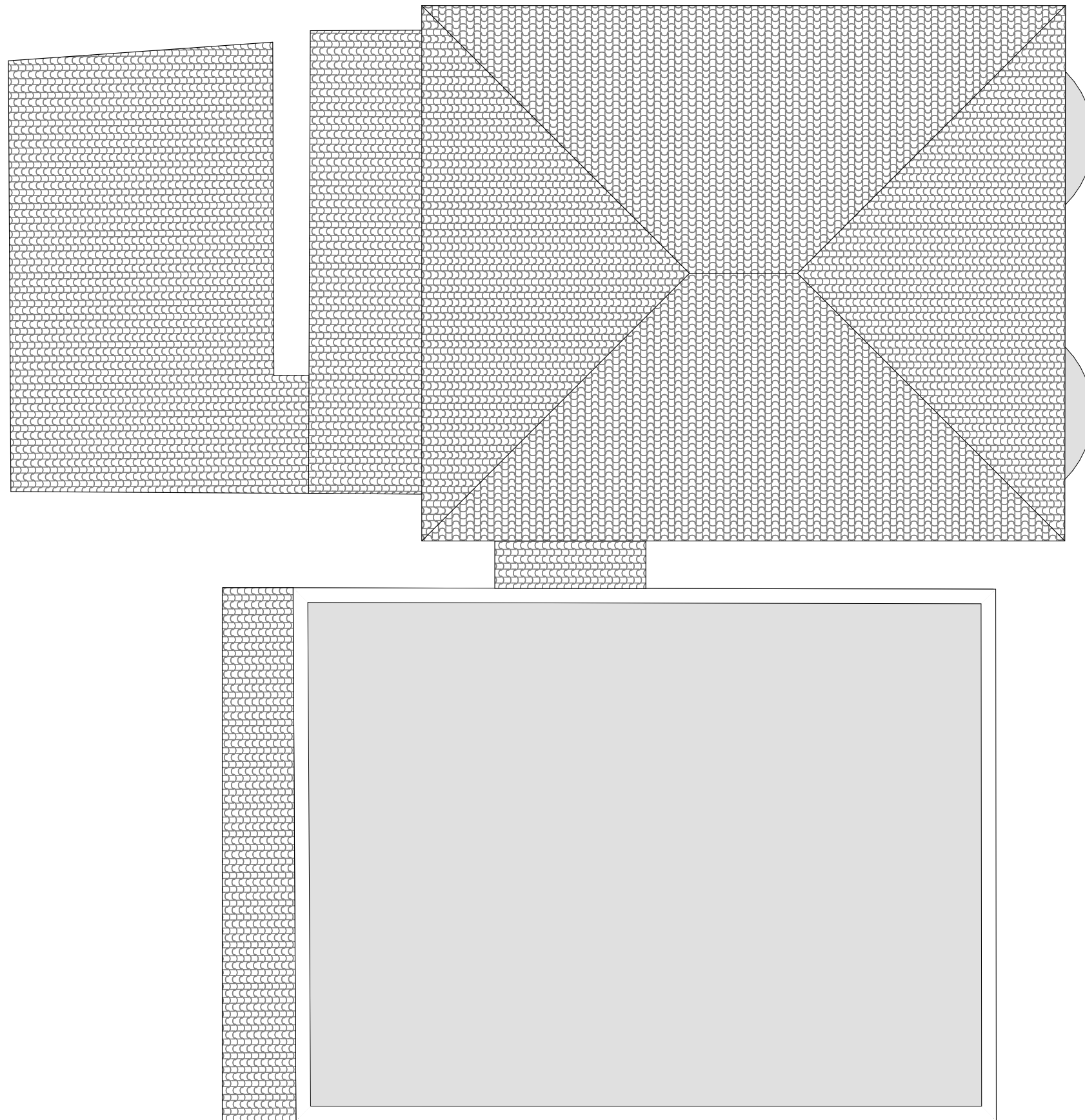
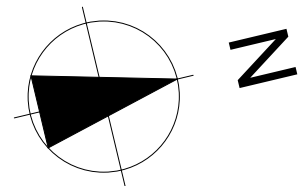
PLANO
Código
3.3
Nombre
PLANTA PRIMERA
ESTADO ACTUAL
Escala
1:100

Alumno
Eric Rodríguez Medina
Directores
Caballero Mestres, Antonio
Afaró Garrido, Licio
Residencia Barcino
c/ Barcino, 34 (08759)
Vallirana (Barcelona)

3

2

1



3. Planta cubierta existent 1:100



Escola Politècnica Superior
d'Edificació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Grado en Ciencias y Tecnologías de la Edificación

Proyecto Final de Grado
ANÁLISIS ENERGÉTICO DE UN GERIÁTRICO
SOMETIDO A UNA REFORMA DE AMPLIACIÓN

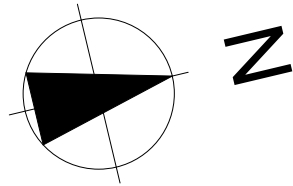
PLANO
Código
3.4
Nombre
PLANTA CUBIERTA
ESTADO ACTUAL
Escala
1:100

Alumno
Eric Rodríguez Medina
Directores
Caballero Mestres, Antonio
Afaro Garrido, Licio
Residencia Barcino
c/ Barcino, 34 (08759)
Vallirana (Barcelona)

3

2

1



0. Planta técnica Resultante 1:100

Superficies zonas P-1 (Estado reformado)			
ID	Nmbre Zona	Superficie (m2)	Volumen (m3)
Baños			
	Baño 1	4,39	9,51
	Baño 2	4,23	7,99
2		8,62 m²	17,50 m³
Dormitorios			
	Dormitorio 1	5,86	12,71
	Dormitorio 2	10,99	23,83
	Dormitorio 3	9,00	19,52
	Dormitorio 4	6,42	13,93
	Dormitorio 5	11,32	21,40
5		43,59 m²	91,39 m³
Instalaciones			
	Almacén	3,94	8,54
	Sala Almacén	17,97	36,59
	Sala instalaciones	7,00	14,24
3		28,91 m²	59,37 m³
Zonas de paso			
	Distribuidor 1	17,06	44,30
1		17,06 m²	44,30 m³
11		98,18 m²	212,56 m³

LEYENDA DE USOS

- Dormitorios
- Zonas de paso
- Zona de servicios
- Zonas de estar
- Otros



Escola Politècnica Superior
d'Edificació de Barcelona
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Grado en Ciencias y Tecnologías de la Edificación

Proyecto Final de Grado
ANÁLISIS ENERGÉTICO DE UN GERIÁTRICO
SOMETIDO A UNA REFORMA DE AMPLIACIÓN

PLANO
Código
4.1
Nombre
PLANTA TÉCNICA
ESTADO AMPLIADO
Escala
1:100

Alumno
Eric Rodríguez Medina
Directores
Caballero Mestres, Antonio
Afaro Garrido, Licio
Residencia Barcino
c/ Barcino, 34 (08759)
Vallirana (Barcelona)

3

2

1



1. Planta Baja Resultante 1:100

Superficies zonas PB (Estado reformado)			
ID	Nmbre Zona	Superficie (m2)	Volumen (m3)
Administración			
	Administració	14,69	38,64
1		14,69 m²	38,64 m³
Baños			
	Baño 3	3,78	9,66
	Baño 4	6,05	15,91
	Baño 5	5,21	13,71
3		15,04 m²	39,28 m³
Cocina			
	Cocina	16,05	40,99
1		16,05 m²	40,99 m³
Dormitorios			
	Dormitorio 10	10,80	28,40
	Dormitorio 6	9,53	24,35
	Dormitorio 7	10,46	27,50
	Dormitorio 8	6,29	16,56
	Dormitorio 9	5,96	15,68
5		43,04 m²	112,49 m³
Enfermeria			
	Enfermeria	7,47	19,47
	Sala fisioterapia	11,98	31,51
2		19,45 m²	50,98 m³
Salas de estar			
	Sala 1	32,93	84,10
	Sala 2	25,99	68,05
	Zona estar 2	11,76	30,93
	Zona estar 1	43,42	114,20
4		114,10 m²	297,28 m³
Zonas de paso			
	Distribuidor 2	12,35	31,39
	Distribuidor 3	9,19	25,19
	Entrada	30,18	77,07
3		51,72 m²	133,65 m³
19		274,09 m²	713,31 m³

LEYENDA DE USOS

- Dormitorios
- Zonas de paso
- Zona de servicios
- Zonas de estar
- Otros



Escola Politècnica Superior

d'Edificació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Grado en Ciencias y Tecnologías de la Edificación

Proyecto Final de Grado
ANÁLISIS ENERGÉTICO DE UN GERIÁTRICO
SOMETIDO A UNA REFORMA DE AMPLIACIÓN

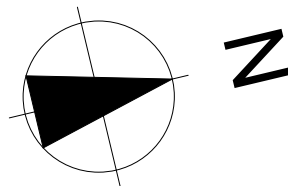
PLANO
Código
4.2
Nombre
PLANTA BAJA
ESTADO AMPLIADO
Escala
1:100

Alumno
Eric Rodríguez Medina
Directores
Caballero Mestres, Antonio
Afaró Garrido, Licio
Residencia Barcino
c/ Barcino, 34 (08759)
Vallirana (Barcelona)

3

2

1



2. Planta primera Resultante 1:100

Superficies zonas P1 (Estado reformado)			
ID	Nmbre Zona	Superficie (m2)	Volumen (m3)
Baños			
	Baño 10	5,64	14,92
	Baño 11	4,86	13,13
	Baño 6	4,78	12,92
	Baño 7	5,30	14,32
	Baño 8	6,62	17,46
	Baño 9	6,10	16,08
6		33,30 m²	88,83 m³
Dormitorios			
	Dormitorio 11	12,42	33,53
	Dormitorio 12	9,80	26,47
	Dormitorio 13	13,71	37,03
	Dormitorio 14	15,92	42,98
	Dormitorio 15	11,62	30,75
	Dormitorio 16	7,34	19,42
	Dormitorio 17	10,38	27,48
	Dormitorio 18	7,85	20,76
	Dormitorio 19	7,84	20,75
	Dormitorio 20	8,44	22,34
	Dormitorio 21	12,00	31,75
	Dormitorio 22	9,42	24,93
	Dormitorio 23	12,91	34,15
	Dormitorio 24	14,02	37,86
	Dormitorio 25	6,29	16,97
15		159,96 m²	427,17 m³
Salas de estar			
	Sala de visitas	13,30	35,90
	Zona Estar 3	12,92	34,17
2		26,22 m²	70,07 m³
Zonas de paso			
	Distribuidor 4	32,89	86,67
	Distribuidor 5	30,28	80,02
	Escalera	14,10	38,07
3		77,27 m²	204,76 m³
26		296,75 m²	790,83 m³

LEYENDA DE USOS

- Dormitorios
- Zonas de paso
- Zona de servicios
- Zonas de estar
- Otros



Escola Politècnica Superior
d'Edificació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Grado en Ciencias y Tecnologías de la Edificación

Proyecto Final de Grado
ANÁLISIS ENERGÉTICO DE UN GERIÁTRICO
SOMETIDO A UNA REFORMA DE AMPLIACIÓN

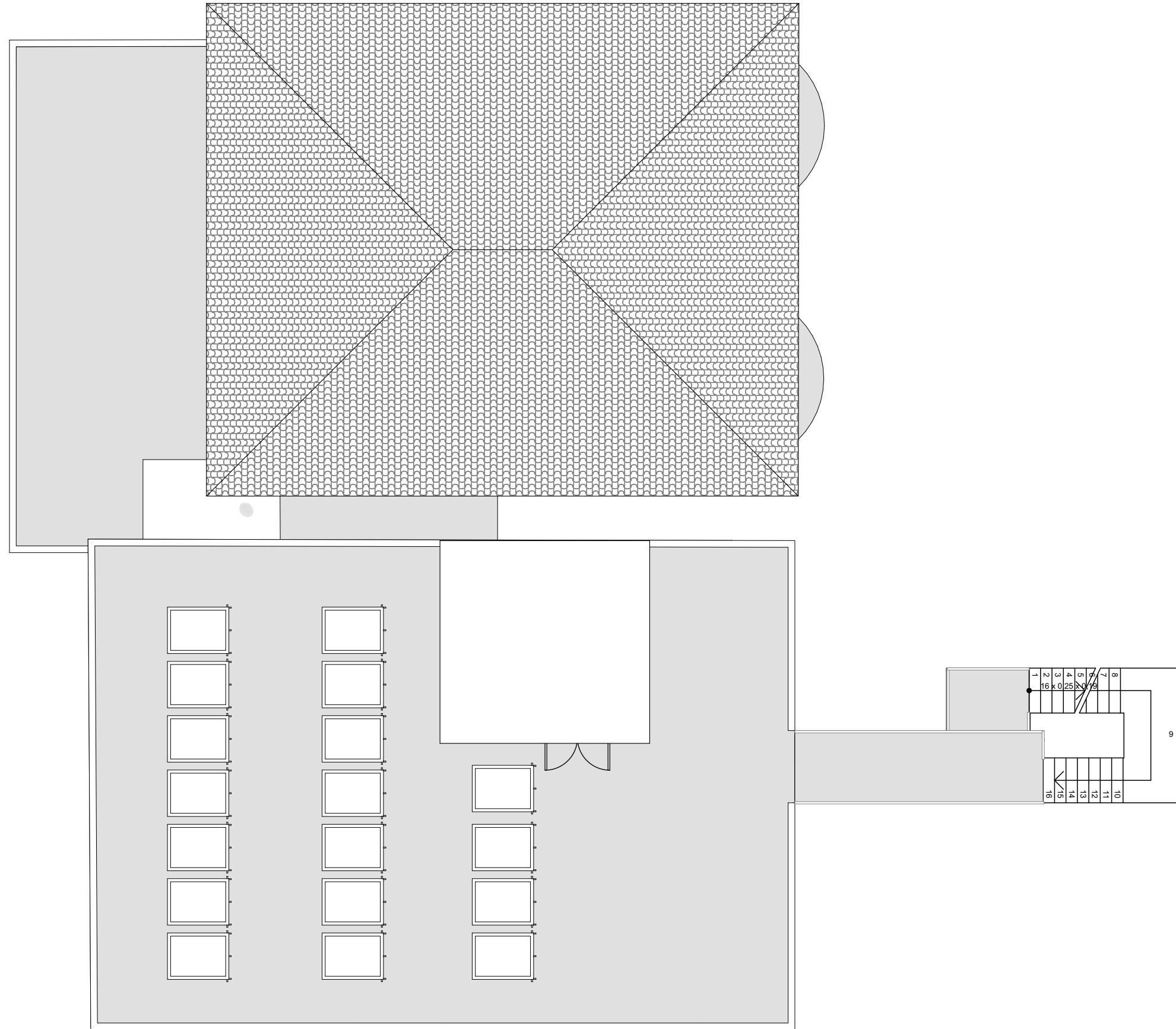
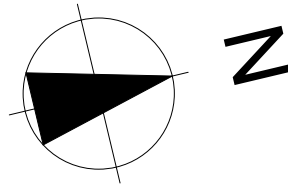
PLANO
Código
4.3
Nombre
PLANTA PRIMERA
ESTADO AMPLIADO
Escala
1:100

Alumno
Eric Rodríguez Medina
Directores
Caballero Mestres, Antonio
Afaro Garrido, Licio
Residencia Barcino
c/ Barcino, 34 (08759)
Vallirana (Barcelona)

3

2

1



2. Planta Coberta resultant 1:100



PLANTA TÉCNICA 3D - ESTADO ACTUAL



PLANTA BAJA 3D - ESTADO ACTUAL



PLANTA PRIMERA 3D - ESTADO ACTUAL



PLANTA CUBIERTA 3D - ESTADO ACTUAL



Escola Politècnica Superior
d'Edificació de Barcelona
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Grado en Ciencias y Tecnologías de la Edificación

Proyecto Final de Grado
ANÁLISIS ENERGÉTICO DE UN GERIÁTRICO
SOMETIDO A UNA REFORMA DE AMPLIACIÓN

PLANO
Código
5.1
Nombre
ESTADO ACTUAL 3D

Alumno
Eric Rodríguez Medina
Directores
Caballero Mestres, Antonio
Afaró Garrido, Licio

Escala

Residencia Barcino
c/ Barcino, 34 (08759)
Vallirana (Barcelona)



PLANTA TÉCNICA 3D - ESTADO REFORMADO



PLANTA BAJA 3D - ESTADO REFORMADO



PLANTA PRIMERA 3D - ESTADO REFORMADO



PLANTA CUBIERTA 3D - ESTADO ACTUAL



Escola Politècnica Superior
d'Edificació de Barcelona
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Grado en Ciencias y Tecnologías de la Edificación

Proyecto Final de Grado
ANÁLISIS ENERGÉTICO DE UN GERIÁTRICO
SOMETIDO A UNA REFORMA DE AMPLIACIÓN

PLANO
Código
5.2
Nombre
ESTADO
REFORMADO 3D
Escala

Alumno
Eric Rodríguez Medina
Directores
Caballero Mestres, Antonio
Afaró Garrido, Licio

Residencia Barcino
c/ Barcino, 34 (08759)
Vallirana (Barcelona)

3

2

1



1. Planta Baja Carpinterías 1:100

Listado Ventanas PB							
	ID	Cantidad	Tamaño A x H	Altura Antepecho	Altura Dintel	Superficie	Imagen previa
Planta Baja , Exterior							
	V42	1	1,94x2,30	0,81	3,11	4,47	
	V43	2	2,00x2,30	0,81	3,11	4,60	
	V45	5	1,00x2,50	0,00	2,50	2,50	
	V46	1	0,50x1,20	1,90	3,10	0,60	
	V46	1	0,60x1,20	1,90	3,10	0,72	
	V46	1	1,00x1,20	1,90	3,10	1,20	
	V49	3	1,05x1,50	1,00	2,50	1,58	
		14				33,43 m²	



Escola Politècnica Superior
d'Edificació de Barcelona
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

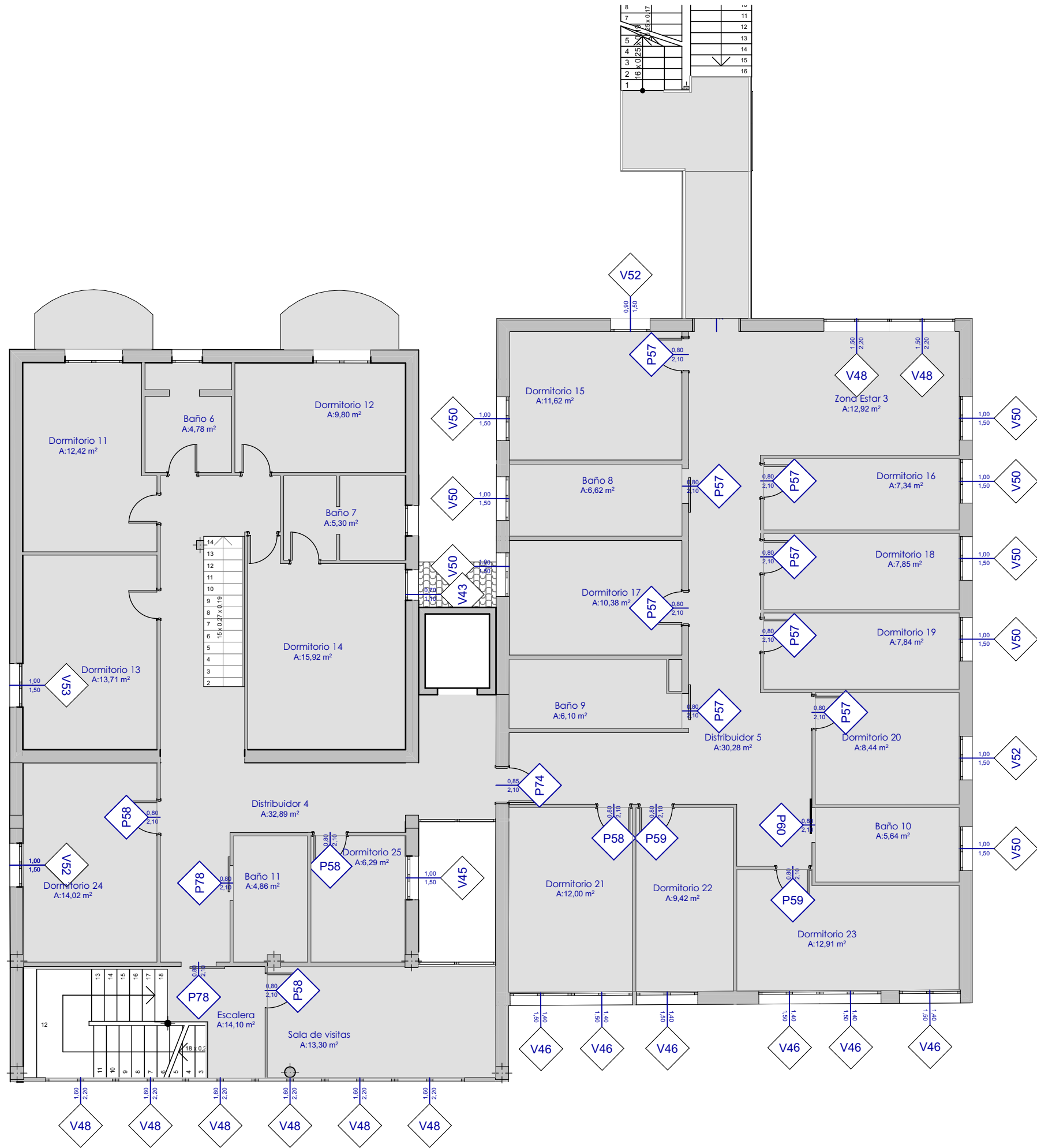
Grado en Ciencias y Tecnologías de la Edificación

Proyecto Final de Grado
ANÁLISIS ENERGÉTICO DE UN GERIÁTRICO
SOMETIDO A UNA REFORMA DE AMPLIACIÓN

PLANO
Código
6.1
Nombre
CARPINTERÍAS
PLANTA BAIXA
Escala
1:100

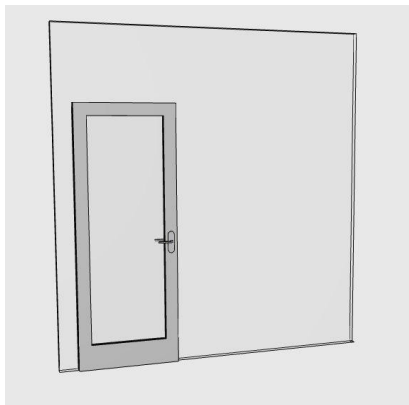
Alumno
Eric Rodríguez Medina
Directores
Caballero Mestres, Antonio
Afaró Garrido, Licio
Residencia Barcino
c/ Barcino, 34 (08759)
Vallirana (Barcelona)



Listado Ventanas P1							
	ID	Cantidad	Tamaño A x H	Altura Antepecho	Altura Dintel	Superficie	Imagen previa
Planta primera							
	V43	1	0,70x1,10	1,10	2,20	0,77	
	V45	1	0,88x2,28	0,00	2,28	2,01	
	V45	1	0,88x2,45	0,00	2,45	2,15	
	V45	1	1,00x1,50	1,15	2,65	1,50	
	V46	2	0,89x2,65	0,00	2,65	2,36	
	V46	6	1,40x1,50	1,15	2,65	2,10	
	V48	2	1,50x2,20	-0,55	1,65	3,30	
	V48	6	1,60x2,20	-0,20	2,00	3,52	
	V50	8	1,00x1,50	1,15	2,65	1,50	
	V52	1	0,90x1,50	0,70	2,20	1,35	
	V52	1	1,00x1,50	0,90	2,40	1,50	
	V52	1	1,00x1,50	0,90	2,40	1,50	
	V52	1	1,00x1,50	1,15	2,65	1,50	
	V53	1	1,00x1,50	0,90	2,40	1,50	
	33					70,82 m²	



1. Planta Primera Carpinterías 1:100

TABLA 8: Tabique de Vidrio				
ID	Zona	Piso de Origen	Altura	Longitud del Muro
T01	Sala de visitas	Planta primera	2,700	2,55





Escola Politècnica Superior
d'Edificació de Barcelona
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Grado en Ciencias y Tecnologías de la Edificación

Proyecto Final de Grado
ANÁLISIS ENERGÉTICO DE UN GERIÁTRICO
SOMETIDO A UNA REFORMA DE AMPLIACIÓN

PLANO
Código
6.2
Nombre
CARPINTERÍAS
PLANTA PRIMERA
Escala
1:100

Alumno
Eric Rodríguez Medina
Directores
Caballero Mestres, Antonio
Afaró Garrido, Licio

Residencia Barcino
c/ Barcino, 34 (08759)
Vallirana (Barcelona)

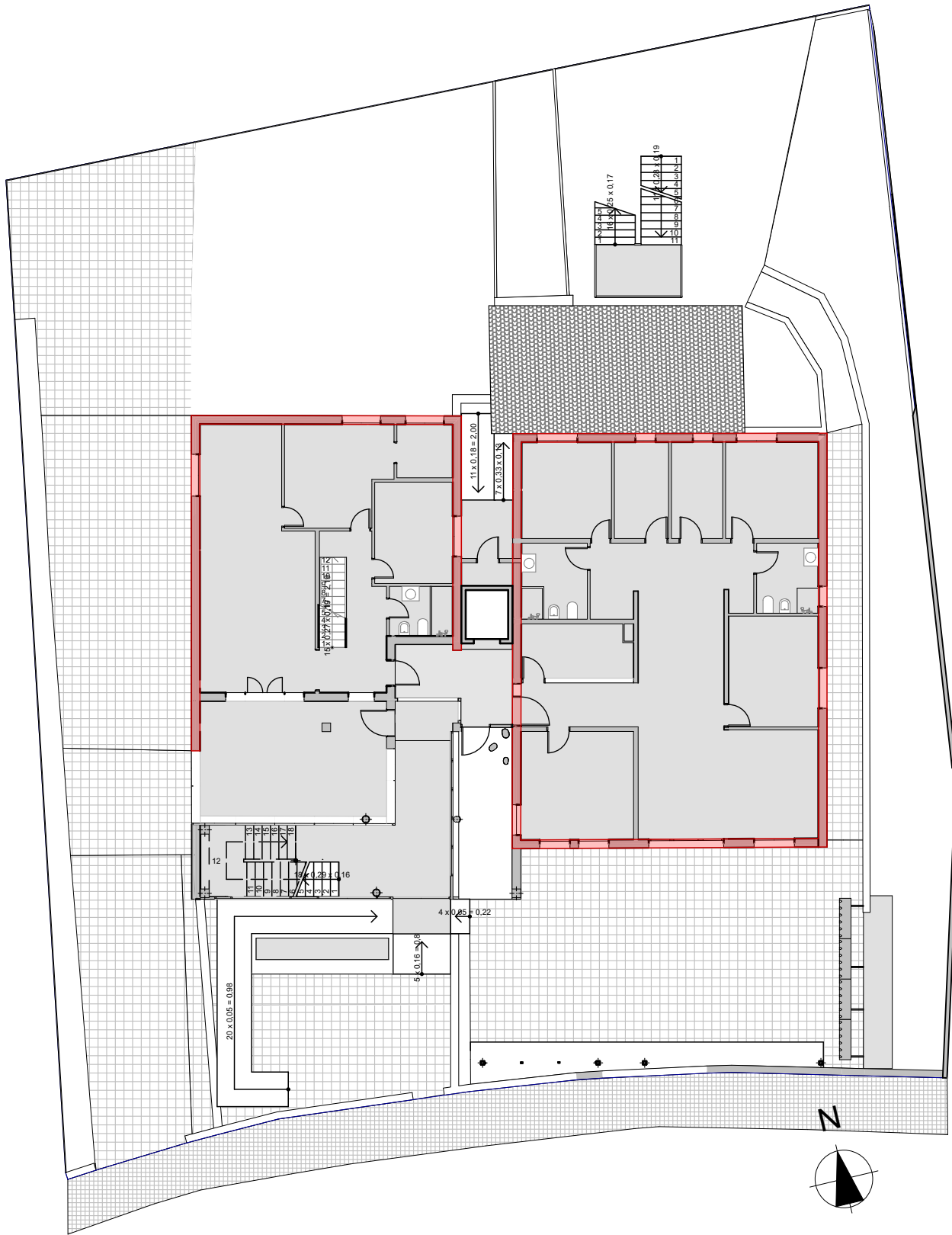
3

b

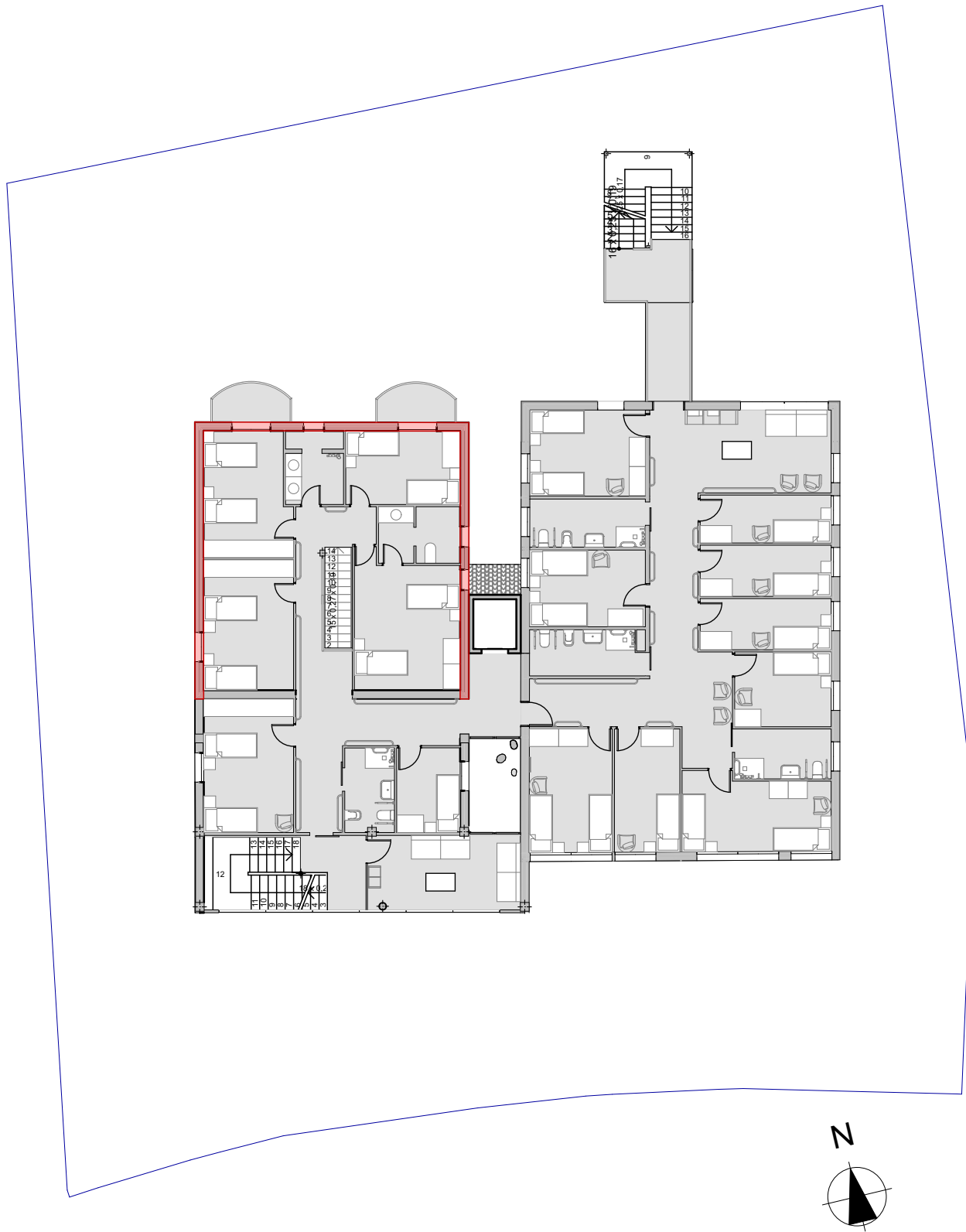
c

2

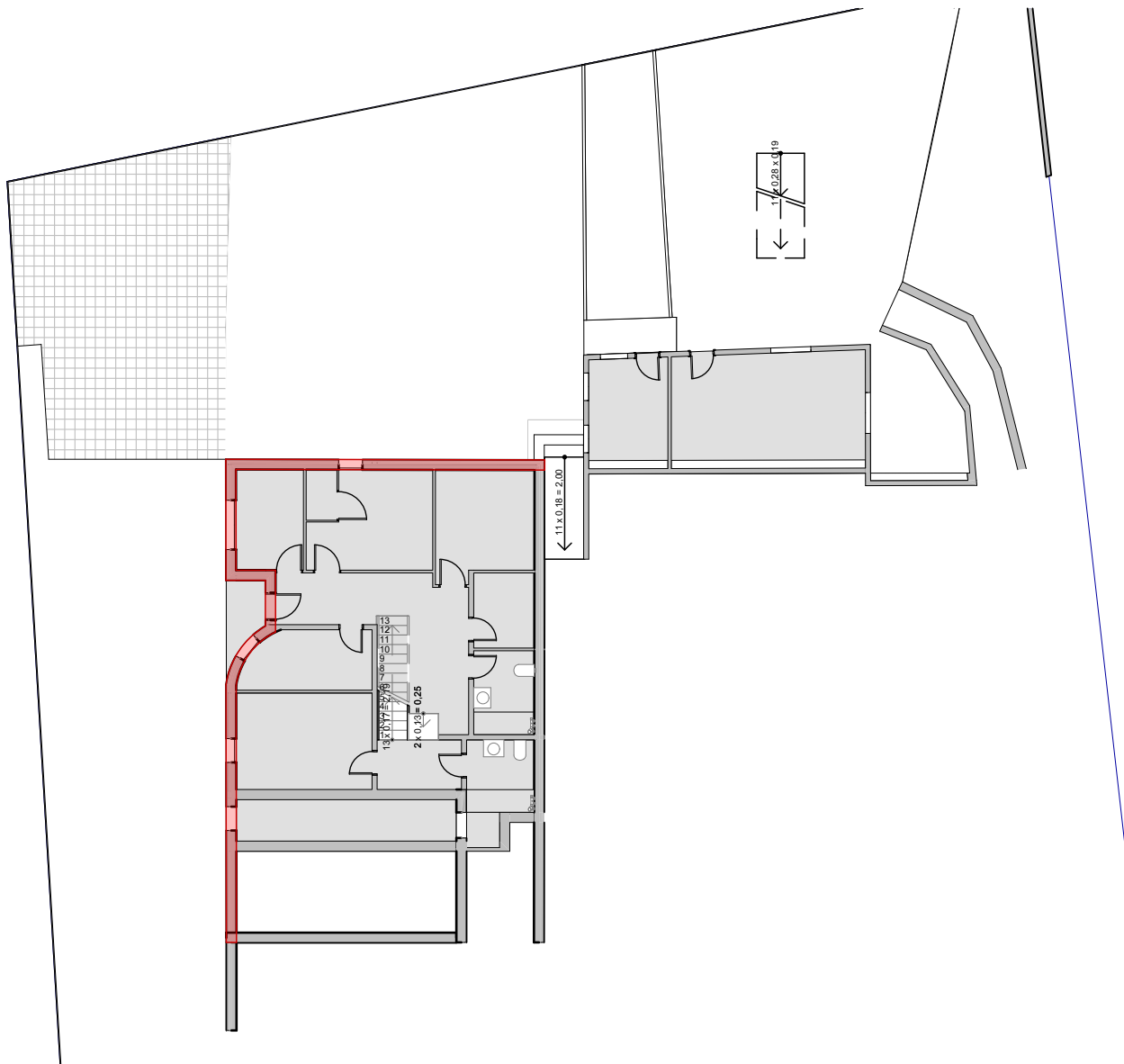
1



2. Planta Baja Mediciones 1:200



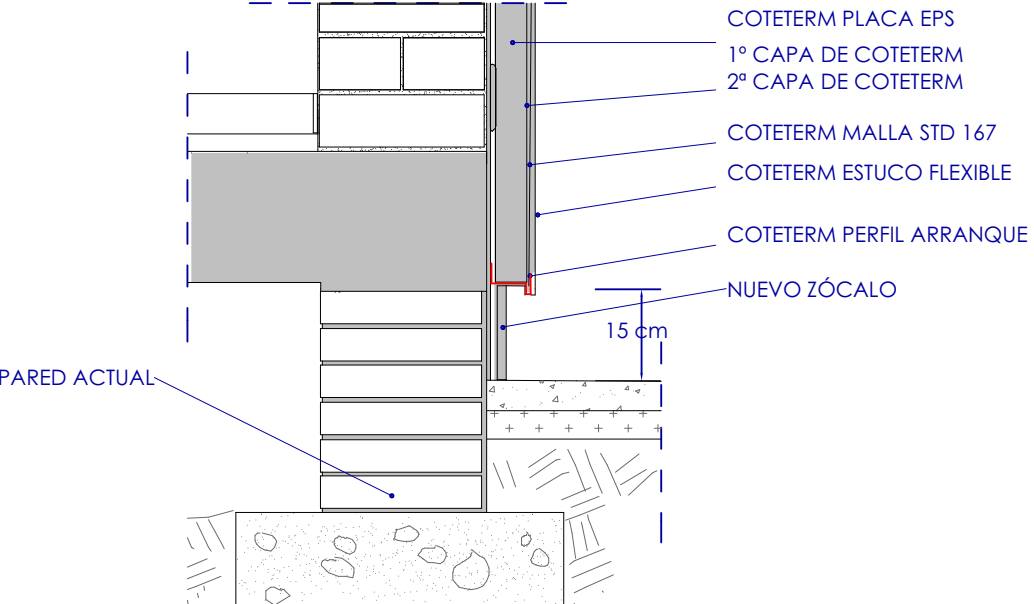
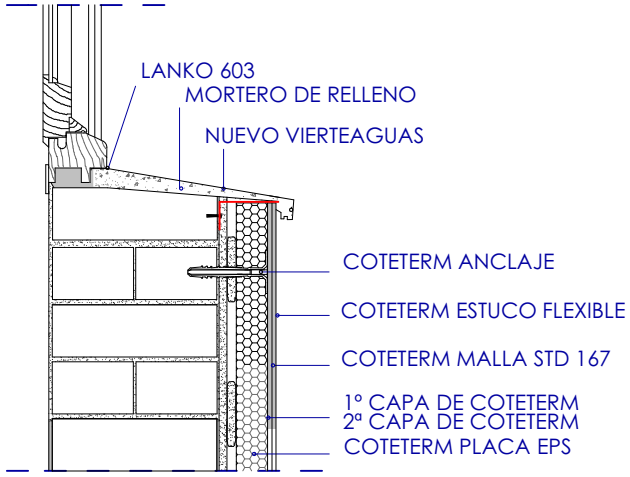
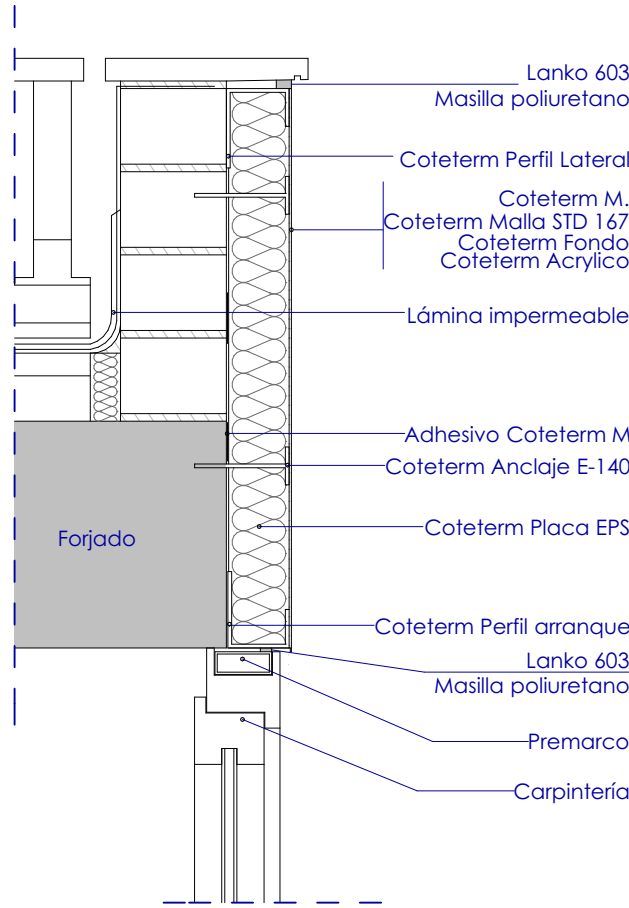
3. Planta Primera Mediciones 1:200



1. Planta Técnica Mediciones 1:200

Mediciones fachadas a rehabilitar					
Planta	Altura	Longitud	Área Bruta	Área de las aberturas	Área Neta
Planta técnica					
	2,40	0,54	3,21	1,68	1,53
	2,40	2,22	5,34	0,97	4,37
	2,40	3,56	8,54	1,80	6,75
	2,40	7,58	18,19	1,54	16,65
	2,40	9,38	22,50	0,84	21,66
			57,78 m²	6,83 m²	50,96 m²
Planta Baja					
	2,85	7,94	22,65	1,54	20,77
	2,85	9,38	26,77	2,79	23,97
	2,85	11,64	33,24	1,80	31,44
	2,98	10,93	32,57	10,41	21,25
	3,18	4,23	13,45	1,58	0,00
	3,18	10,90	34,47	4,62	29,85
	3,18	14,36	45,61	2,03	43,58
	3,18	9,88	29,80	3,09	26,71
			238,56 m²	27,86 m²	197,57 m²
Planta primera					
	2,70	9,47	25,58	1,50	24,08
	2,70	6,74	25,32	6,30	19,02
	2,70	9,46	25,55	1,26	24,29
			76,45 m²	9,06 m²	67,39 m²
			372,79 m²	43,75 m²	315,92 m²

DETALLES SECCIÓN
FACHADA SATE



Escola Politècnica Superior
d'Edificació de Barcelona
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Grado en Ciencias y Tecnologías de la Edificación

Proyecto Final de Grado
ANÁLISIS ENERGÉTICO DE UN GERIÁTRICO
SOMETIDO A UNA REFORMA DE AMPLIACIÓN

PLANO
Código
6.3
Nombre
MEDICIONES
FACHADAS
Escala
1:200, 1:10

Alumno
Eric Rodríguez Medina
Directores
Caballero Mestres, Antonio
Afaró Garrido, Licio
Residencia Barcino
c/ Barcino, 34 (08759)
Vallirana (Barcelona)